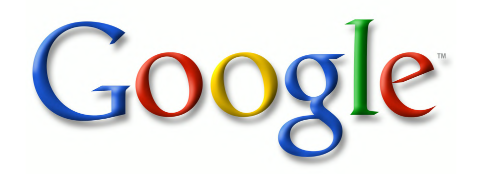




11. —

Lehrbuch
der
Bergbaukunde

mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaus.

Von

F. Heise,
Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum,

und

F. Herbst,
o. Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Erster Band.

Mit 583 Textfiguren und 2 farbigen Tafeln.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1908.

Druck von Fr. Stollberg, Merseburg.

Vorwort.

Eine umfassende Darstellung des gesamten Gebietes der Bergbaukunde würde, falls sie wirklich mit einigem Rechte vollständig genannt werden sollte, bei dem heute so reichhaltig gewordenen Stoffe die Arbeit eines Menschenlebens bedeuten und doch nachher nicht voll befriedigen, weil die rastlos fortschreitende Technik ihre Bearbeitung in einem Lehrbuche nach dessen Fertigstellung längst überholt haben würde. Das Ziel, das wir uns bei der Herausgabe des vorliegenden Lehrbuches gesteckt haben, ist unter der Berücksichtigung des Wortes „bis dat, qui cito dat" bedeutend bescheidener gewesen, sowohl was die Auswahl, als auch was die Behandlung des Stoffes betrifft. In erster Hinsicht haben wir das Gebiet in zweifacher Weise eingeengt, indem wir einmal uns im wesentlichen auf den deutschen Bergbau beschränkt und sodann dort, wo besonders Rücksicht auf Lagerstättenverhältnisse zu nehmen war, allein den Steinkohlenbergbau ausführlich, den Braunkohlen-, Erz- und Salzbergbau dagegen nur in einigen bezeichnenden Beispielen behandelt haben. Für die Art der Bearbeitung aber war maßgebend, daß das Buch nicht für den fertig ausgebildeten Fachmann, sondern als Einführung in die Bergbaukunde für den Bergschüler und Studierenden der Bergwissenschaften dienen soll. Insbesondere ist die Rücksicht auf den Unterricht in der Bergbaukunde an der großen Bochumer Bergschule mit ihren fast 700 Schülern die erste Veranlassung zur Entstehung des Buches gewesen und demgemäß in erster Linie für seine Ausgestaltung bestimmend geworden.

Hieraus ergaben sich als Richtpunkte: Hervorhebung des Wichtigen, Bleibenden und wissenschaftlich Feststehenden; kritische Sichtung und Durcharbeitung des Stoffes; verhältnismäßig kurze Behandlung der baulichen Einzelheiten, die dem Wechsel mehr oder weniger unterworfen sind.

Eine ganz besondere Sorgfalt wurde im Hinblick auf den Zweck des Buches den Figuren zugewandt. Hauptsächlich sind schematische Darstellungen, die das Wesen der Sache unter Fortlassung der den Überblick erschwerenden, baulichen Einzelheiten zur Anschauung bringen, bevorzugt.

Wenn wir das Buch in so reicher Fülle mit eigens für unseren Zweck angefertigten Zeichnungen ausstatten konnten, so schulden wir hierfür der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Dank, die uns ihre Zeichenkräfte zur Verfügung stellte. Die meisten Figuren sind von der geschickten Hand des berggewerkschaftlichen Zeichners Herrn Haibach zu Bochum gefertigt. Entsprechend dem Zwecke des Buches sind manche Figuren für den mündlichen Unterricht mit Buchstaben versehen, ohne daß auf diese im Texte Bezug genommen ist.

Die Hinweise auf Literaturstellen haben wir nach Möglichkeit beschränkt, weil ja das Buch kein eigentliches Nachschlagewerk sein soll.

Wir bitten alle Fachgenossen, insbesondere aber die Herren Direktoren und Lehrer an den Bergschulen, uns bei der weiteren Bearbeitung behilflich sein, etwaige Irrtümer richtigstellen und Vorschläge wegen anderweiter Auswahl und Behandlung des Stoffes und wegen Änderung und Neuaufnahme von Figuren machen zu wollen. Wir werden für jeden solchen Hinweis aufrichtig dankbar sein.

Dem vorliegenden I. Bande hoffen wir in etwa 2 Jahren die Fortsetzung im II. Bande folgen lassen zu können.

Bochum—Aachen, im April 1908.

Heise. Herbst.

Inhaltsverzeichnis.

Zweiter Abschnitt.

Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf- und Bohrarbeiten.)

Seite

Dritter Abschnitt.

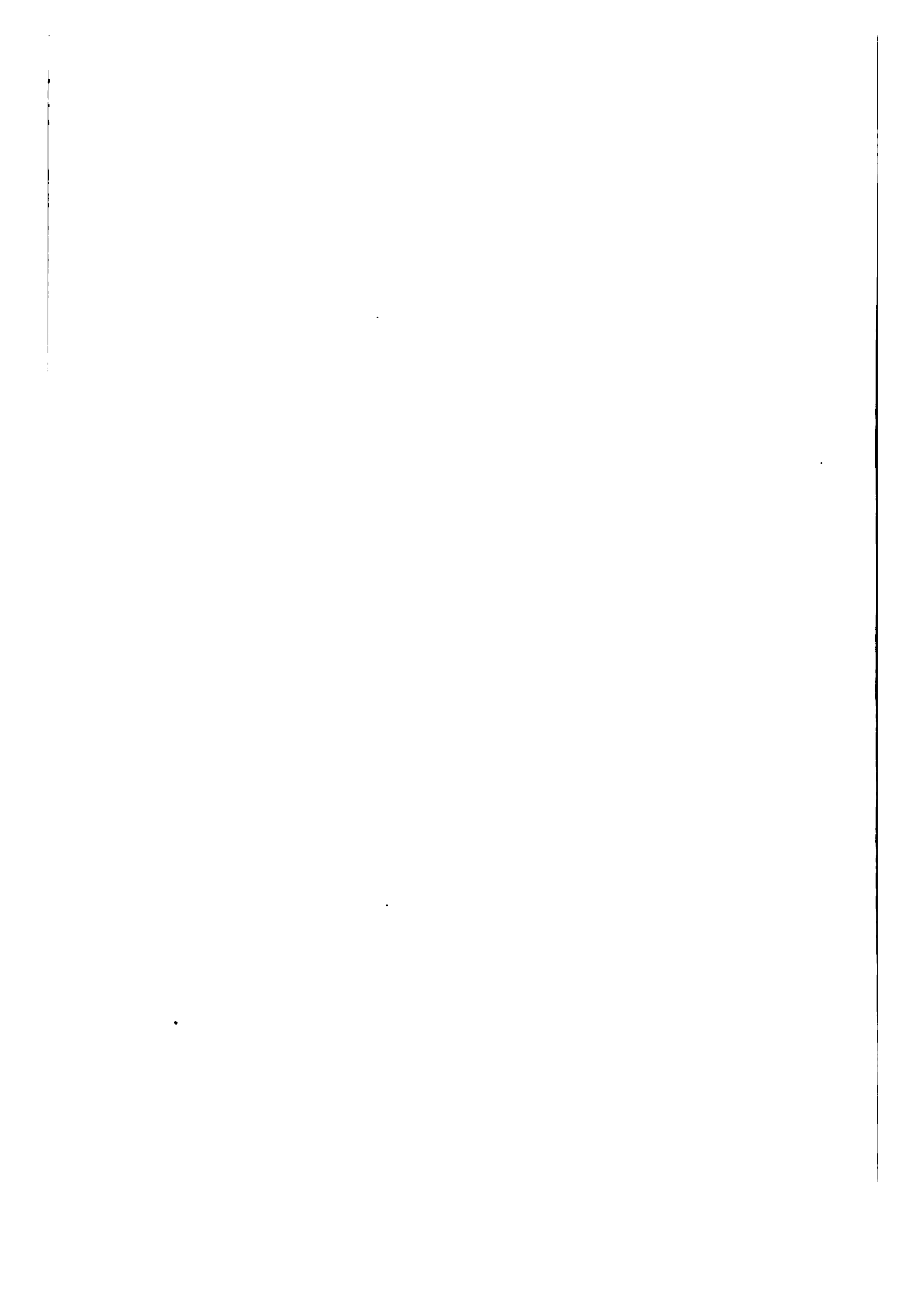
Gewinnungsarbeiten.

Berichtigungen.

S. 114. In Fig. 134 ist $\frac{16{,}0\,\%}{W}$ statt $\frac{16{,}6\,\%}{W}$ zu setzen.

S. 168. Die Zifferbezeichnung bei 106 muß lauten „**Explosionstemperatur und Gasdruck**“, nicht „Explosionsgefahr und Gasdruck“.

S. 384. Die Fig. 400*a* steht auf dem Kopfe und ist umgekehrt zu betrachten.



Einleitung.

1. — Begriff der Bergbaukunde. Die Bergbaukunde umfaßt den Inbegriff aller Lehren und Regeln, welche für die unmittelbar und mittelbar zur möglichst zweckmäßigen und wirtschaftlichen bergmännischen Gewinnung nutzbarer Mineralien erforderlichen Arbeiten gegeben werden können.

„Nutzbare Mineralien" sind an sich alle dem Mineralreiche angehörenden festen und flüssigen Naturerzeugnisse, welche in irgend einer Weise, sei es zur Feuerung, zur Gewinnung und Verarbeitung von Metallen, zur Krafterzeugung, zur Beleuchtung, für die Landwirtschaft, für die chemische Industrie, für medizinische Zwecke, für häusliche Bedürfnisse, als Schmuckgegenstände usw., verwertet werden können. Ein nutzbares Mineral ist somit nicht nur die Kohle oder der Kupferkies, sondern auch das Petroleum, der Bernstein, der Lehm u. dergl.

Eine scharfe Umgrenzung derjenigen Mineralgewinnungen, welche als „bergmännische" zu bezeichnen sind, läßt sich nicht geben. Nach unserem Sprachgebrauch beschränkt sich der Begriff des Bergbaubetriebes im allgemeinen auf die Gewinnung solcher Mineralien, welche in der Hauptsache unterirdisch vorkommen; bei diesen wird dann, wie z. B. bei Braunkohle und Eisenerzen, auch die Gewinnung unter freiem Himmel (der „Tagebau") als „Bergbau" betrachtet. Jedoch kann man auch die unterirdische Gewinnung derjenigen Mineralien, welche, wie Marmor, Dachschiefer, Ton, im wesentlichen den Gegenstand von Steinbrüchen oder Gräbereien bilden, dem Bergbau zurechnen, da sie unter Anwendung besonderer bergmännischer Kunstgriffe zu erfolgen hat — wie denn auch das preußische Berggesetz verschiedene seiner Bestimmungen auf derartige Gewinnungen ausdehnt.

2. — Einteilung der Bergbaukunde. Bezüglich der Einteilung der Bergbaukunde ist vorweg zu bemerken, daß eine gewisse Kenntnis der Arten des Vorkommens von nutzbaren Mineralien, d. h. der Lagerstätten, sowie eine allgemeine Vorstellung von den Naturkräften, welche bei der Entstehung und Gestaltung der Lagerstätten und ihres Nebengesteins tätig gewesen sind, für den Bergmann unerläßlich ist und daher auch der Bergbaukunde, obwohl nicht eigentlich zu ihr gehörig, zugerechnet werden kann. Es ergeben sich dann folgende 10 Hauptabschnitte:

1. Gebirgs- und Lagerstättenlehre,
2. Schürf- und Bohrarbeiten,
3. Gewinnungsarbeiten,
4. Aufschließung und Abbau der Lagerstätten,
5. Grubenbewetterung,
6. Grubenausbau,
7. Schachtabteufen,[1])
8. Förderung (und Fahrung),
9. Wasserhaltung,
10. Bekämpfung von Grubenbränden; Atmungsapparate.

[1]) Das Schachtabteufen wird vielfach unter „Ausrichtung" und „Grubenausbau" behandelt, ist aber wegen der großen Bedeutung, die ihm heutzutage zukommt, hier zu einem selbständigen Abschnitt erhoben worden.

Erster Abschnitt.

Gebirgs- und Lagerstättenlehre.

I. Gebirgslehre (Geologie).

3. — **Überblick.** Unsere Erde, mit deren fester Rinde wir uns näher zu beschäftigen haben, ist mit größter Wahrscheinlichkeit aufzufassen als ein früher glühend gewesener, jetzt im Erkalten begriffener Weltkörper, dessen Inneres noch eine glühende Masse bildet, während das Äussere zu einer festen Schale, eben der „Erdrinde", geworden ist. Da nun einerseits die Erdoberfläche und dadurch mittelbar auch das Erdinnere noch fortgesetzt Wärme an den umgebenden Weltraum abgibt, den wir uns aus gewichtigen Gründen als außerordentlich kalt vorzustellen haben, und anderseits die Gewässer der Erde und die sie umgebende Lufthülle im Verein mit der nach Tages- und Jahreszeiten fortwährend wechselnden Sonnenwärme unablässig auf die Erdoberfläche einwirken, so ist die Erdrinde fortgesetzten Veränderungen unterworfen. Von diesen tritt nur ein Teil in der Gestalt von Erdbeben, Bergrutschen, Meereseinbrüchen, Verlegung von Flußläufen, Entstehung oder Verschwinden von Inseln, Aufreißen von Spalten und ähnlichen plötzlichen Wirkungen uns lebendig vor Augen, viele andere dagegen entziehen sich wegen ihres sehr langsamen und allmählichen Verlaufes der Beachtung und können nur durch sehr sorgfältige, unter Umständen jahrhundertelang fortgesetzte Beobachtungen ermittelt werden. Hierher gehören allmähliche Küstenverschiebungen, Neubildungen von Ablagerungen in Flüssen, Seeen und Meeren, Abtragungen von Berggipfeln u. a.

Im folgenden soll der Anteil, den die Kräfte des Erdinnern einerseits und die Einwirkung der Atmosphäre (Wasser, Luft und Sonne) anderseits an der Entstehung und Umgestaltung der Erdrinde haben, kurz besprochen werden.

A. Die Kräfte des Erdinnern.

4. — **Größenverhältnisse.** Um zunächst von den Größenverhältnissen, um die es sich hier handelt, ein einigermaßen zutreffendes Bild zu erhalten, muß man sich klar machen, daß die Erde einen mittleren Durchmesser von rund 12 730 km hat, so daß der höchste Berg der Erde, der 8800 m hohe Gaurisankar in Vorderindien, im Verhältnis zur Erdkugel nicht größer ist als eine Erhöhung von Kirschkerngröße auf einer Kugel von 10 m Durchmesser und das tiefste bisher niedergebrachte Bohrloch (dasjenige von Paruschowitz in Oberschlesien, 2003 m tief) nur einem

Eindruck in diese Kugel von der Tiefe eines Zündholzköpfchens entspricht. Die ganze Erdrinde selbst stellt, wenn man ihre Stärke zu 300 km[1]) annimmt, im Verhältnis zum Erddurchmesser eine Schicht dar, welche vergleichbar ist der 2 mm starken Wandung eines Gummiballes von etwa 8 cm Durchmesser; sie hat also trotz ihrer an sich gewaltigen Mächtigkeit den Kräften des Erdinnern nur einen verhältnismäßig geringen Widerstand entgegenzusetzen.

5. — **Allgemeine Wirkung der Abkühlung der Erde.** Der glühende Erdkern mußte nun im Verlauf sehr langer Zeiträume durch unausgesetzte Abgabe großer Wärmemengen an den äußerst kalten Weltenraum sich mehr und mehr abkühlen und dementsprechend zusammenziehen. Dadurch entstanden in der bereits fest gewordenen Erdrinde, welche einerseits durch die Schwerkraft ständig nachzusinken gezwungen, anderseits durch ihr starres Gefüge an diesem Nachsinken gehindert wurde, gewaltige Spannungen, welchen dann die Gesteinsschichten trotz ihrer Festigkeit nachgeben mußten. Dieses Nachgeben, also die Auslösung dieser Spannungen, wurde durch das Aufreißen mächtiger Spalten ermöglicht, welche die Erdrinde in eine große Anzahl von „Schollen" der verschiedensten Größe zerlegten, die sich dann in der durch Fig. 1 veranschaulichten Weise gegeneinander verschieben konnten. In der Hauptsache sanken dabei naturgemäß die Schollen nach dem Erdinnern hin ein (*b*, *d*, *e*), jedoch konnten auch Schollen (*c*) durch den keilartigen Druck der benachbarten Gebirgskörper in die Höhe gepreßt werden.

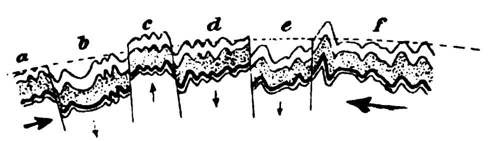


Fig. 1. Schema der Erdrinden-Schrumpfung.

6. — **Gebirgsbildung.** Diese Vorgänge konnten bei den gewaltigen Kräften, welche dabei zur Wirkung kamen, nicht ohne Einwirkung auf die Nachbarschaft der sich bewegenden Gebirgskörper und auf diese selbst bleiben. Vielmehr mußten sehr starke Seitendrücke auftreten, welche die Gebirgsmassen zu Falten- oder Kettengebirgen zusammenschoben (vergl. z. B. die Alpen, die Pyrenäen, das Apenningebirge, den Kaukasus), wobei wiederum die Bildung von neuen Gebirgsrissen in der Druckrichtung sowohl wie auch senkrecht zu derselben nicht ausbleiben konnte. Auf diese Weise hat sich die starre Erdrinde auf den der Zusammenziehung des Erdkerns entsprechenden kleineren Umfang zusammenschieben können — ein Vorgang, welcher oft und treffend mit der Schrumpfung der Schale eines eintrocknenden Apfels verglichen worden ist.

7. — **Erdbeben.** Bei der Größe der Kräfte, welche in diesen Vorgängen zur Entfaltung kommen, kann es nicht wundernehmen, daß vielfach sehr heftige Begleiterscheinungen in ihrem Gefolge auftreten. Hierhin ist z. B. ein großer Teil der Erdbeben zu rechnen, nämlich diejenigen, welche durch die Erschütterung beim Aufreißen von Gebirgspalten und bei der Bewegung von Gebirgskörpern auf solchen Spalten hervorgerufen

[1]) Die Schätzungen für die Dicke der Erdrinde schwanken etwa zwischen 40 und 500 km.

werden. Derartige Erderschütterungen sind gerade für den Steinkohlenbergmann nichts Außergewöhnliches in kleinerem Maßstabe, da sie beim Abbau von Steinkohlenflözen in Gestalt von zitternden Gebirgsbewegungen infolge Aufreißens von Bruchspalten in dem seiner Unterstützung beraubten Hangenden häufig auftreten, ja sogar bei größerer Ausdehnung der unterirdischen Hohlräume den Umfang von regelrechten kleinen Erdbeben annehmen können: es sei hier nur auf das mehrere Kilometer im Umkreise verspürte Recklinghausener Erdbeben vom Juli 1899 verwiesen.

8. — **Vulkanismus.** Weiterhin gehören zu den mit der Zusammenziehung des Erdkerns und der Schrumpfung der Erdrinde verbundenen Begleiterscheinungen die verschiedenartigen vulkanischen Vorgänge, welche uns durch unmittelbaren Augenschein eine lebendige Vorstellung von den unter uns waltenden Kräften geben. Früher betrachtete man diese Erscheinungen, da sie sich der sinnlichen Wahrnehmung aufs lebhafteste aufdrängen, als die hauptsächlich treibende Kraft, der alle großen Veränderungen innerhalb der Erdrinde ihr Dasein verdankten. Jetzt dagegen sieht man sie im allgemeinen als Folge-Erscheinungen an, indem man von der Vorstellung ausgeht, daß alle großen Bruchspalten, die in der vorhin geschilderten Weise aufgerissen werden, die bequemsten Verbindungen zwischen dem glühenden Erdinnern und der Erdoberfläche darstellen und daß infolgedessen auf solchen Spalten am leichtesten die glühenden Massen und heißen Dämpfe des Erdinnern an die Oberfläche empordringen können.

Die stärksten vulkanischen Erscheinungen sind die Ausbrüche selbst, bei denen glutflüssige Gesteinsmassen (Lava) ausgestoßen und gleichzeitig große Mengen Asche, mit Gesteinsbrocken untermischt, ausgeworfen werden. Die ausfließende Lava erstarrt je nach dem Grade ihrer Dünnflüssigkeit, nach ihrem Gehalt an Wasserdampf und nach der Beschaffenheit der Erdoberfläche an der Auswurfstelle zu Strömen, Kuppen oder Decken, während die Aschenmassen als „Aschenregen" niederfallen und später durch mineralische Bindemittel wieder zu lockeren, porösen Gesteinen (Tuffen) verfestigt werden können. — Schwächere Vorgänge vulkanischer Natur, die das allmähliche Erlöschen der vulkanischen Tätigkeit bezeichnen und daher sich vielfach in Gegenden beobachten lassen, in welchen das Auswerfen von Lava und Asche seit langer Zeit aufgehört hat, sind: heiße Quellen, Aufsteigen heißer Gase und ganz zuletzt Entwickelung von Kohlensäure (Kohlensäure-Industrie von Selters, Remagen, Gerolstein usw.).

B. Die Einwirkung der Atmosphäre.

9. — **Bedeutung und Kreislauf des Wassers.** Während es im Innern der Erde in erster Linie die Wärme ist, welche mittelbar oder unmittelbar gestaltend und umgestaltend auf die Erdrinde einwirkt, wird die Erdoberfläche von oben her hauptsächlich durch das Wasser in seinen verschiedensten Erscheinungszuständen — als Regen, Schnee, Eis, als Bach, Fluß, See, Meer — fortwährend verändert, wobei Kräfte, die an sich geringfügig sind, durch unausgesetzte, jahrtausendelange Wiederholung schließlich gewaltige Wirkungen hervorbringen.

Das Wasser fällt aus der die Erdkugel umgebenden Lufthülle in Gestalt von Tau, Regen, Schnee, Eis, Hagel auf die Erdoberfläche nieder,

speist hier zahlreiche Quellen, deren Gewässer sich zu Bächen, dann zu Flüssen und Strömen vereinigen, um als solche dem Meere zuzuströmen und dabei infolge der verdunstenden Wirkung von Sonne und Wind fortgesetzt wieder Wasser in Gestalt von Wasserdampf an die Atmosphäre abzugeben.

10. — **Verwitterung.** Schon die Durchtränkung der obersten Erdschichten mit Feuchtigkeit durch die Niederschläge hat wichtige Folgen, da sie auf eine Zersetzung des entstehenden Gesteins langsam, aber sicher hinarbeitet. Diese Wirkung äußert sich namentlich im Hochgebirge, wo die Gesteinschichten wenig oder gar nicht von schützendem Erdreich bedeckt sind und auf der anderen Seite der Wechsel von Hitze und Kälte und damit die Ausdehnung und Zusammenziehung des Gesteins häufig und schroff ist. Dazu kommt noch der Gehalt an Sauerstoff, Kohlensäure und organischen Säuren (Humussäure), welchen das Wasser in den meisten Fällen aufweist und durch den es auch chemisch zersetzend auf das Gestein einwirkt. Ganz besonders aber ist es der Frost, welcher den Zerfall der jeweils obersten Schichten herbeiführt, indem durch die beim Gefrieren des Wassers entstehende Ausdehnung der Verband der Gesteinschichten mehr und mehr gelockert wird und schließlich große und kleine Stücke und Blöcke abgesprengt und ins nächste Tal gestürzt werden. Dort werden sie von den Gebirgsbächen, namentlich wenn diese infolge größerer Regengüsse stark angeschwollen sind, mitgerissen und den Flüssen zugeführt, welche schließlich die feinsten Teilchen dem Meere zutragen. Auf diesem langen Wege werden die abgesprengten Gesteinstücke fortgesetzt zerkleinert und immer mehr zu runden Geröllstücken abgerollt, deren Größe naturgemäß nach dem Unterlauf der einzelnen Wasserläufe mehr und mehr abnimmt, so daß aus den ursprünglichen groben Blöcken nacheinander Grobkies (Grand), feiner Kies, Sand und schließlich Schlamm gebildet wird.

11. — **Erosion.** Zu dem durch die Verwitterung in die Bach- und Flußläufe gelangten Gesteinschutt gesellt sich das von diesen Wasserläufen in ihrem Bette selbst fortwährend losgenagte Material. Alle diese großen, kleinen und kleinsten Gesteinstrümmer aber helfen ihrerseits wieder den Wasserläufen, sich immer tiefer in ihren Untergrund einzuschneiden und so an Bergabhängen auch immer weiter rückwärts vorzudringen. Man hat diese unablässige Tätigkeit der Gebirgswässer vielfach mit derjenigen einer Säge verglichen. Dieses langsame, aber stetige Einschneiden von Tälern wird als „Erosion“ bezeichnet. Die Erosion ihrerseits schafft immer neue Angriffsflächen für die Verwitterung.

Auf diese Weise werden die höchsten Berggipfel fortgesetzt abgetragen und schließlich im Laufe der Jahrtausende ganze Gebirge zu Sand- und Tonschlamm zermahlen und dem Ozean zugeführt.

12. — **Marine Abrasion.** Dazu tritt nun noch die gewaltige Tätigkeit des Meeres, welches fortgesetzt mit der Zerstörung der Küsten beschäftigt ist, indem es (Fig. 2) diese durch den Wellenschlag der Brandung unterhöhlt, bis die gebildeten Hohlräume zusammenstürzen, und darauf wieder neue Höhlungen auswäscht. Unterstützt wird diese zernagende Tätigkeit der Brandung durch die zertrümmerten Gesteinsmassen selbst, welche stoßend, schleifend und mahlend wirken. Auf diese Weise verschiebt sich

dort, wo nicht der Mensch abwehrend eingreift, die Strandlinie allmählich landeinwärts, und aus steilen und felsigen Küsten wird im Laufe der Zeit flacher Meeresboden.

Bleibt nun die Grenze zwischen Land und Meer dieselbe, so erlahmt der Stoß der Brandung gegen die Steilküste infolge der starken Reibung auf der flachen Strandterrasse immer mehr, so daß die Verschiebung der Strandlinie langsam zum Stillstand kommt. Findet aber gleichzeitig durch anderweitige Ursachen eine langsame Senkung des Festlandes statt, so dringt die Meeresbrandung immer wieder von neuem vor, so daß schließ-

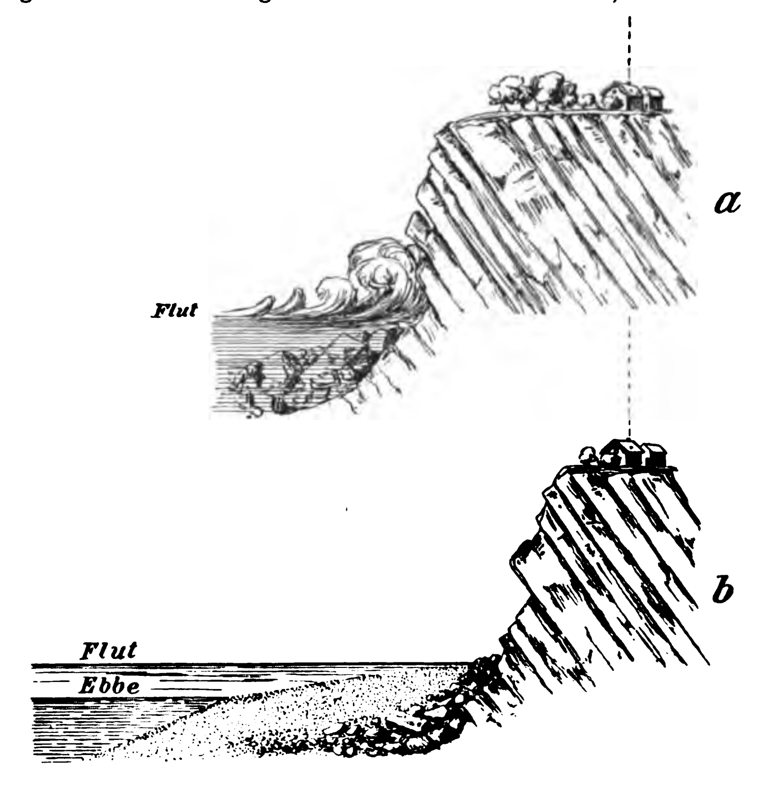


Fig. 2. Zerstörung von Steilküsten durch die Meeresbrandung.

lich ganze Gebirgszüge durch diese Tätigkeit des Meeres abgetragen werden können. Man bezeichnet diese Erscheinung als „marine (d. h. durch das Meer verursachte) Abrasion“.

13. — Unterirdische Tätigkeit des Wassers. Ein anderer Teil des durch Niederschläge auf die Erdoberfläche gelangten Wassers sucht unterirdische Wege und wäscht auf diesen vielfach im Laufe sehr langer Zeiträume große schluchten- und kammerartige Hohlräume aus. Diese Tätigkeit des Wassers macht sich besonders dort bemerklich, wo das Gebirge der Wasserbewegung wenig Widerstand entgegensetzt, also in erster Linie da, wo natürliche Gebirgspalten vorhanden sind, oder im Kalkgebirge,

da der Kalkstein leicht durch kohlensäurehaltiges Wasser aufgelöst wird und daher sehr zur Höhlenbildung neigt (Dechenhöhle, Baumannshöhle, Adelsberger Grotte usw.).

14. — **Gletscher.** Eine bedeutsame Rolle spielt auch das Eis in der Erdgeschichte, soweit es mit der Erdoberfläche in Berührung kommt. Das aus ungeschmolzenen Schneemassen sich immer von neuem bildende, mächtige Gletschereis der Hochgebirge bewegt sich infolge der durch den Druck bewirkten Schmiegsamkeit (Plastizität) langsam talabwärts und greift dabei sowohl die seitlichen Talgehänge als auch die Talsohle stark an; die letztere wird um so stärker zerstört, als die vom Gletscher losgebrochenen und von ihm mit fortgeschobenen Gesteinsstücke unter dem gewaltigen Druck der Eismasse wie ein mächtiger Hobel wirken. So bleiben schließlich glattgeschliffene, von zahllosen Ritzspuren (Gletscherschrammen) durchfurchte Gesteinsflächen sowie Wälle („Moränen") von Gesteinstrümmern und einzelne mächtige, vom Eis mitgeschobene Blöcke (Findlinge oder erratische Blöcke) als Zeugen einer früheren Vergletscherung eines Landstriches übrig.

15. — **Denudation.** Die Gesamtheit der zerstörenden Wirkungen von Wasser, Eis und (in geringem Grade) auch Wind auf die Erdoberfläche wird unter der Bezeichnung Denudation zusammengefaßt. Die Denudation arbeitet den gebirgsbildenden Kräften des Erdinnern fortgesetzt entgegen; sie ist stets am Werke, die von den letzteren geschaffenen Höhenunterschiede wieder einzuebnen. Sie reißt gewissermaßen wieder ein, was jene Kräfte aufbauten.

16. — **Neubildungen.** Der zerstörenden Wirkung des Wassers entspricht auf der anderen Seite seine neubildende Kraft. Die mitgeführten Gesteinsmassen werden ja nicht vernichtet, sondern immer an den Stellen wieder abgelagert, wo die Geschwindigkeit der Strömung zu ihrer weiteren Beförderung nicht mehr ausreicht. So können sich Fluß-, See- und Meeresablagerungen in mannigfacher Gestalt, Mächtigkeit und Korngröße bilden, und aus ihrem gröberen oder feineren Korn kann auf die größere oder geringere Stärke der Wasserbewegung zur Zeit ihres Absatzes geschlossen werden.

Ebenso geht auch bei den unterirdischen Wasserläufen mit der zerstörenden die wiederaufbauende Tätigkeit des Wassers Hand in Hand: die im Laufe langer Zeiträume ausgewaschenen, sowie die infolge anderer Ursachen im Gebirge gebildeten Hohlräume werden vielfach durch Mineralien wieder ausgefüllt, welche die Gebirgswasser durch Auslaugung anderer Gebirgsteile in sich aufgenommen haben, später aber infolge mannigfach verwickelter chemischer Vorgänge wieder ausfallen lassen.

17. — **Einwirkung der Luft.** Im Vergleich zu den Wirkungen des Wassers treten diejenigen der Luft weniger hervor, wenngleich sie von weit größerer Bedeutung sind, als man auf den ersten Blick annehmen möchte. Die Luft wirkt einesteils chemisch, indem sie ihren Gehalt an Sauerstoff und Kohlensäure an die Niederschlagwasser abgibt, anderenteils und vorzugsweise aber mechanisch als Wind, mit dessen Hilfe sie unmittelbar und mittelbar an der fortgesetzten Umgestaltung der Erdober-

fläche mitarbeitet. Die unmittelbare Wirkung des Windes kommt besonders dort zur Geltung, wo er ungehindert seine volle Kraft entfalten kann, also an Meeresküsten und in weiten, trockenen Steppen und Wüsten; sie äußert sich in der allmählichen Zerstörung anstehender Felsmassen (durch eine Art Sandstrahlgebläse) und in der Anhäufung mächtiger Staubablagerungen an geschützten Stellen (Entstehung des als „Löß" bezeichneten Lehms), sowie in dem Auftürmen und allmählichen, aber unaufhaltsamen Verschieben von großen Sandhügeln (Wanderdünen). Die mittelbare Tätigkeit des Windes besteht zunächst in der Aufsaugung und Fortführung gewaltiger Wassermassen in Gestalt von Wasserdampf, wodurch namentlich zwischen den Meeren einer- und den Hochgebirgen anderseits eine fortgesetzte Verbindung hergestellt wird: Die durch die Verdunstung dem Meere entzogenen Wassermengen werden von den Winden den Gebirgen zugeführt, an deren hohen und kalten Gipfeln sie sich als Regen, Schnee usw. wieder abscheiden, um von neuem ihren Kreislauf anzutreten. Eine andere wesentliche mittelbare Wirkung des Windes ist die Erzeugung der Meeresbrandung an den Küsten, welcher ihrerseits ein wesentlicher Anteil an den Veränderungen der Erdoberfläche beizumessen ist.

18. — **Bedeutung der Sonnenbestrahlung.** Alle diese in Wasser und Luft schlummernden Kräfte aber werden im letzten Grunde entfesselt durch die Sonne, welche im Verein mit der geneigten Stellung der Erdachse zur Erdbahn den Wechsel der Tages- und Jahreszeiten und den Unterschied der verschiedenen geographischen Breiten veranlaßt und dadurch die fortgesetzte Störung des Gleichgewichtszustandes in der Atmosphäre mit all' ihren unberechenbaren Wirkungen herbeiführt, den Ausgleich von Wärme und Kälte zwischen den verschiedensten Örtlichkeiten durch die Winde ermöglicht, den Kreislauf des Wassers durch Verdunstung auf der einen und Niederschlagung auf der anderen Seite unausgesetzt in Bewegung erhält usw.

C. Die Zusammensetzung der Erdrinde (Gesteinslehre).

19. — **Haupteinteilung.** Die im vorstehenden geschilderte Wechselwirkung zwischen den im Erdinnern und den an der Erdoberfläche waltenden Kräften hat zum Aufbau der Erdrinde aus 2 Hauptarten von Gesteinen geführt, nämlich solchen, die aus dem glutflüssigen Zustande erstarrt, und solchen, die vom Wasser abgesetzt worden sind.

20. — **Erstarrungsgesteine.** Die Gesteine der ersten Gruppe (Erstarrungs-, Eruptiv- oder vulkanische Gesteine) zeichnen sich durch das Fehlen einer Schichtung und die Abwesenheit von Versteinerungen aus. Sie bilden an der Erdoberfläche je nach den zur Zeit ihrer Entstehung obwaltenden Verhältnissen (s. oben S. 4) Ströme, Kuppen (Fig. 3) oder Decken, während sie im Erdinnern vorzugsweise als Gänge oder Stöcke (Fig. 3) auftreten, welche die Fortsetzung der oberirdischen Vorkommen nach unten hin bilden. Die fehlende Schichtung wird bei diesen Gesteinen ersetzt durch Absonderungsklüfte, welche infolge der Zusammenziehung beim Erstarren sich gebildet und zu einer plattigen oder säulenförmigen Absonderung geführt haben. Letztere Erscheinung, an die prismatisch-

stengeligen Bruchstücke des Steinkohlenkoks erinnernd, findet sich besonders deutlich beim Basalt, der durch Absonderung in 5—6seitige Säulen gekennzeichnet wird. Als ein weiteres sehr wichtiges Erstarrungsgestein ist der Granit zu nennen, welcher meist aus einer bedeutend älteren Periode der Erdgeschichte stammt als der Basalt, von dem er sich durch sein grobes Korn und kristallinisches Gefüge scharf unterscheidet.

Ferner gehören hierher: Der Diabas (Grünstein), ein durch grüne Färbung gekennzeichnetes, kristallinisch-körniges Gestein; der Melaphyr, ein dem Basalt verwandtes, feinkörniges, vielfach blasiges (Mandelstein), dunkles Gestein; die verschiedenen Porphyrarten, deren gemeinsames Kennzeichen das Auftreten größerer Kristalle in einer mehr oder weniger feinkörnigen Grundmasse ist.

21. — **Sedimentgesteine.** Die der zweiten Gruppe angehörigen „Sedimentgesteine“ (= „abgelagerte Gesteine“) sind in der Hauptsache aus Wasser, und zwar mechanisch, d. h. durch die Schwerkraft, abgesetzt worden, indem sie als Ergebnis der zerstörenden Wirkung des Wassers in diesem enthalten waren; sie konnten später durch den Gebirgsdruck und die verkittende Wirkung von kieseligen oder kalkigen u. dergl. Lösungen zu mehr oder weniger harten Gesteinen umgeschaffen werden. Derartige, auch als „Trümmergesteine“ bezeichnete Gesteine sind: der Sandstein, die Grauwacke, der Sand- und Tonschiefer, der Mergel, das Konglomerat usw. Als noch nicht verfestigte Ablagerungen gehören hierher Sand-, Kies- und Tonlager u. dergl.



Fig. 3. Eruptivgang mit Kuppe.

Seltener sind Sedimente auf chemischem Wege zur Ablagerung gekommen, indem mineralhaltige Wasser durch Abkühlung, durch Verdunstung oder durch die Wechselwirkung mit anderen Minerallösungen zur Ausscheidung eines Teils ihres Mineralgehaltes veranlaßt wurden. Auf diesem Wege haben sich z. B. Salz- und Gipslagerstätten und manche Kalkablagerungen gebildet und zahllose Gebirgsklüfte und -Höhlungen mit Kalkspat, Quarz, Schwerspat, Erzen aller Art u. dergl. gefüllt.

Eine auch als „organische Sedimente“ bezeichnete besondere Art der chemischen Sedimente endlich sind solche, welche durch wasserbewohnende pflanzliche und tierische Organismen gebildet sind, welche die Fähigkeit besaßen, dem Wasser die in Lösung gehaltenen Mineralien zu entziehen und zum Aufbau eines schützenden Kalk- oder Kieselgerüstes zu verwenden; durch Absterben oder Weiterbauen dieser Lebewesen bildeten dann auf dem Grunde der Gewässer die Mineralabscheidungen mit der Zeit mehr oder weniger mächtige Ablagerungen. Auf diese Weise sind an den verschiedensten Stellen der Erde durch die Bautätigkeit der

Korallen mächtige Massenkalke gebildet worden, während in anderen Gegenden durch Häufung zahlloser winziger Kalk- oder Kieselgerüste mächtige Bänke von Kalkstein, Kreide (Rügen) und Infusorienerde (Lüneburg, Berlin) entstanden sind.

Von geringerer Bedeutung als die Wasserablagerungen sind die Luftsedimente, welche sich aus windbewegten Staubmassen abgesetzt haben oder als vulkanische Auswürflinge (Aschen und Tuffe, d. h. durch Bindemittel verkittete Aschen) zur Ablagerung gekommen sind. Das berühmteste Beispiel einer solchen Aschen- und Tuffdecke ist diejenige, welche im Altertum die römischen Städte Herculanum und Pompeji begraben hat. Für uns haben die größte Wichtigkeit die Ablagerungen gleicher Art am Mittelrhein, in der Gegend von Andernach, Brohl, Neuwied, Engers, Vallendar, deren Bildung mit der Entstehung des Siebengebirges zusammenhängt und welche heute den Gegenstand einer blühenden Traß- und Schwemmsteinindustrie bilden.

Als Erzeugnis von Staubstürmen in wasserarmen Steppenlandschaften wird von vielen Gelehrten der „Löß" (s. S. 8) angesehen.

In den mächtigen Schichtenfolgen von Sedimenten, welche einen großen Teil der Erdrinde aufbauen, wird eine Anzahl größerer Altersstufen, sog. „Formationen", unterschieden, bei deren Abgrenzung gegeneinander in erster Linie die in ihnen enthaltenen Versteinerungen maßgebend gewesen sind. Eine Zusammenstellung dieser Formationen nebst den bemerkenswertesten nutzbaren Mineralvorkommen gibt die Übersichtstafel auf S. 11.

22. — **Gefüge.** Aus der Bildungsweise der Erstarrungsgesteine und Sedimente folgt, daß mit wenigen Ausnahmen diese beiden Gesteinsgruppen auch als Massengesteine und Schichtgesteine unterschieden werden können, indem in den weitaus meisten Fällen die Erstarrungsgesteine anstatt einer Schichtung nur unregelmäßige Absonderungsklüfte aufzuweisen haben, während die weit überwiegende Menge der Sedimente durch ihre Anordnung in parallelen Schichten die Entstehung aus einer Reihe übereinander abgelagerter Absätze erkennen läßt. Dieser Gegensatz ist naturgemäß für die bergmännische Gewinnung der Gesteine von großer Bedeutung.

23. — **Lagerungsverhältnisse verschiedener Sedimente.** Sind die Schichtenfolgen verschiedener Alterstufen in ununterbrochener Aufeinanderfolge abgelagert worden, so daß sie von allen späteren Veränderungen gemeinsam betroffen worden sind, so herrscht zwischen ihnen „Konkordanz". Ist dagegen zwischen der Ablagerung zweier Schichtfolgen eine längere Zeit verstrichen, so daß vor Ablagerung der jüngeren Schichten beträchtliche Veränderungen (Faltung, Erosion, Abrasion) in den älteren Schichten vor sich gehen konnten, so liegen die jüngeren Schichten, welche von diesen Veränderungen nicht mehr beeinflußt worden sind, „diskordant" auf den älteren. Ein vorzügliches Beispiel für Diskordanz liefert die Überlagerung des westfälischen Steinkohlengebirges (S. 47 u. f.) durch den Kreidemergel (Fig. 1 auf Tafel I).

Die geologischen Formationen.

Haupt-Perioden:	Einteilung im ganzen:	Einteilung im einzelnen:	Die wichtigsten Mineralvorkommen:
Känozoische Periode.	Quartär.	Alluvium.	Torf, Raseneisenerze, Gold-, Platin-, Zinn- und Edelstein-Seifen.
		Diluvium.	
	Tertiär.	Pliocän.	Steinsalz bei Wieliczka.
		Miocän.	Deutsche Braunkohle.
		Oligocän.	Deutsche Braunkohle; Bernstein im Samland; Bohnerz in Süddeutschland; Erdöl im Elsaß.
		Eocän.	—
Mesozoische Periode.	Kreide.	Senon.	Schreibkreide auf Rügen.
		Turon.	Bohnerze (Peine), Phosphorite.
		Cenoman.	
		Gault.	
		Neocom.	
		Wealden.	Steinkohle Deister-Bückeburg.
	Jura.	Malm oder weißer Jura.	Asphalt bei Hannover.
		Dogger oder brauner Jura.	Minette in Lothringen-Luxemburg.
		Lias oder schwarzer Jura.	Steinkohle in Ungarn.
	Trias.	Keuper.	Steinsalz in Lothringen.
		Muschelkalk.	Zink in Oberschlesien; Steinsalz in Süddeutschland; Kalk bei Rüdersdorf.
		Buntsandstein.	Blei bei Mechernich; Steinsalz in Norddeutschland.
Paläozoische Periode.	Perm (Dyas).	Zechstein.	Kupfer bei Mansfeld; Stein- und Kalisalze in Mittel- und Norddeutschland.
		Rotliegendes.	—
	Karbon.	Oberkarbon (produktives Karbon).	Die meisten Steinkohlen der Erde.
		Unterkarbon (Kulm bezw. Kohlenkalk).	Erzgänge im Harz, bei Selbeck u. a.; Zink bei Aachen.
	Devon.	Ober-, Mittel- und Unterdevon.	Eisen in Nassau; Erzlager im Rammelsberg; Petroleum in Amerika; Gold in Transvaal.
	Silur.	Ober-, Mittel- und Untersilur.	Alaunschiefer in Deutschland und England; Griffelschiefer in Thüringen; Kupfer am oberen See (Nordamerika) und in Südspanien (Rio tinto).
	Kambrium.	Ober-, Mittel- und Unterkambrium.	Alaunschiefer in Thüringen.
Archäische Periode.	Urschieferformation.	Phyllitformation.	Graphit, Marmor, Eisenerz in Schweden; Zinn im Erzgebirge; Erzgänge bei Freiberg i./Sa.
		Glimmerschieferformation.	
	Urgneisformation.	Obere und untere Urgneisformation.	

D. Die Einwirkung der Erdrindenschrumpfung auf die Sedimentgesteine.

24. — Allgemeines. Die unausgesetzten langsamen Bewegungen in der Erdrinde haben die gebildeten Gesteine zu mannigfachen, mehr oder weniger beträchtlichen Lageveränderungen gezwungen. Wir finden die Gesteine daher in zahllosen Fällen in einer gegenüber ihrer ursprünglichen Lage wesentlich veränderten Stellung und können ebenso häufig auch eine vollständige Unterbrechung ihres früheren Zusammenhanges feststellen. Geologisch gesprochen fallen beide Arten von Veränderungen unter den Begriff der „Störung", während der Bergmann mit diesem Worte nur die letztere Art zu bezeichnen pflegt.

Untergeordnet treten auch kleinere Faltungserscheinungen infolge anderer Ursachen auf: so die im Kalisalzbergbau häufig beobachteten Stauchungen infolge der Wasseraufnahme des Anhydrits, ferner Stauchungen durch den Druck von Gletschermassen.

a) Schichtenbiegung (Faltung).

25. — Wesen der Faltung. Eine Änderung der ursprünglichen Lage eines Gesteins durch gebirgsbildende Kräfte läßt sich naturgemäß am besten in den geschichteten Gesteinen erkennen, da diese ursprünglich horizontal abgelagert worden sind und die Verfolgung der zahlreichen Schichtfugen über spätere Änderungen deutlich Aufschluß gibt.

Eine söhlig abgelagerte Gebirgschicht, welche einem starken seitlichen Druck ausgesetzt wird, kann, wie z. B. das bekannte „Quellen" des Liegenden in Steinkohlengruben beweist, diesem Druck trotz ihres starren Gefüges bis zu einem gewissen Grade nachgeben, ohne zu brechen, indem sie sich zu welligen Biegungen zusammenschieben läßt. Dieser Vorgang, welcher im großen „Faltung" genannt wird, hat für den Steinkohlenbergmann eine ganz besondere Bedeutung und muß daher etwas ausführlicher besprochen werden.

26. — Einfache Aufrichtung der Schichten. Die Aufrichtung einer Gesteinschicht oder einer Sedimentlagerstätte, z. B. eines Kohlenflözes, aus der ursprünglichen, horizontalen Lage infolge seitlichen Druckes schafft 2 Begriffe, welche in einer söhligen Schicht nicht denkbar sind: das Streichen und das Einfallen.

Unter der Streichlinie einer Gebirgschicht oder eines Flözes verstehen wir eine in der Ebene dieser Schicht söhlig gezogene Linie oder, anders ausgedrückt, die Schnittlinie zwischen der Schicht und einer Horizontalebene. Die Streichlinie ist also unter allen Umständen eine söhlige Linie. Daher sind für den Bergmann die Streichlinien dasselbe, was für den Landmesser die Höhenlinien (Fig. 10 auf S. 17) bedeuten.

Das Streichen eines Flözes — genauer der Streichwinkel desselben — ist nun der Winkel, welchen die Streichlinie mit dem Meridian, also der Nord-Süd-Linie, bildet. Es wird in Graden oder Kompaßstunden angegeben, die ihrerseits wieder in Sechzehntel eingeteilt werden. Die letztere Bezeichnungsart ist eine im Bergbau althergebrachte, die sich

ihrer Bequemlichkeit wegen erhalten hat. Sie beruht darauf, daß die Sonne scheinbar in 24 Stunden einmal um die Erde wandert, also einen Kreis von 360° beschreibt. Auf jede Stunde entfallen daher 15 Bogengrade. Teilt man nun den ganzen Kreis in 2 × 12 statt in 24 Stunden, so genügt eine einfache Stundenangabe zur Bezeichnung des Streichens, wobei die Abkürzung h. (= hora) gebräuchlich ist; man kann z. B. die Gradbezeichnung „das Flöz (Fig. 4) streicht Nord 72° 23' Ost" auch ausdrücken: „das Flöz (Fig. 5) streicht h. 4 $\frac{13,2}{16}$".

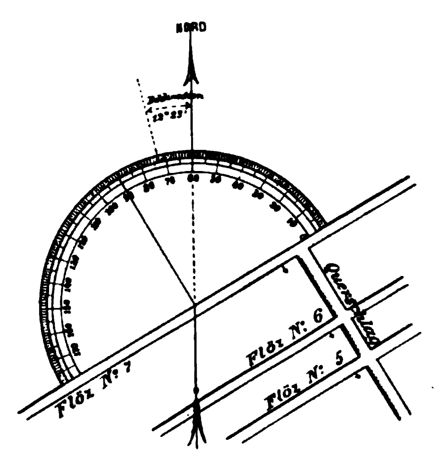


Fig. 4. Angabe des Streichwinkels in Graden.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen dem astronomischen (geographischen) und dem magnetischen Meridian. Die erstere Richtungslinie (in den Figuren durch den Pfeil gekennzeichnet) gibt für jeden Ort die Richtung nach dem Nordpol, die letztere diejenige nach dem magnetischen Norden an. Der geographische Meridian wird nach dem Stande der Sonne bestimmt, so daß in einem Orte, welcher genaue Sonnenzeit hat,[1]) die Sonne genau um 12 Uhr mittags im Süden und demgemäß um 6 Uhr morgens im Osten, um 6 Uhr abends im Westen steht. Diese Meridianlinie ist daher unveränderlich. — Die magnetische Nord-Südlinie dagegen, welche durch die Richtung der Kompaßnadel gegeben ist, wechselt fortwährend, da die Magnetnadel in den verschiedenen Tages- und

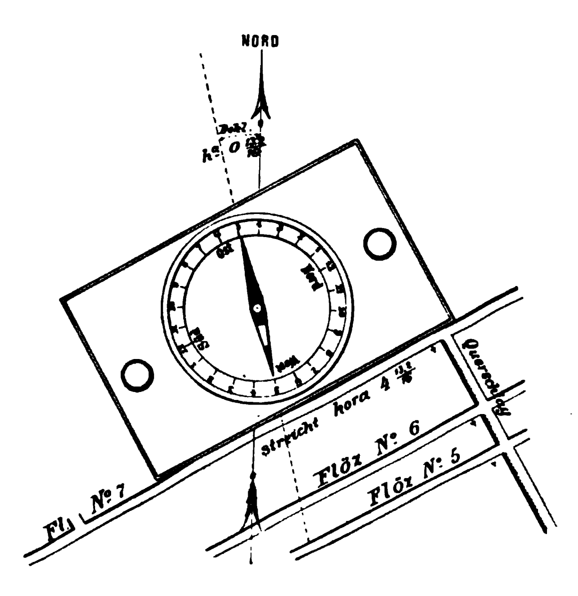


Fig. 5. Angabe des Streichwinkels in Stunden.

[1]) Diese Voraussetzung trifft für die meisten deutschen Orte jetzt nicht mehr zu, da seit Einführung der mitteleuropäischen Einheitszeit z. B. die Orte Westdeutschlands eine künstliche Zeit erhalten haben, welche ihrer wahren Ortszeit mehr oder weniger voraus ist.

Jahreszeiten verschiedene Stellungen einnimmt und im Laufe der Jahrhunderte bald nach Osten, bald nach Westen von der geographischen Nord-Südlinie abweicht. Diese Abweichung bezeichnet man als „Deklination"; sie wird in besonders dazu eingerichteten „magnetischen Warten" fortgesetzt beobachtet, um bei den Kompaßmessungen unter Tage berücksichtigt werden zu können und so die Ermittelung des wahren Streichens zu gestatten. Ist z. B. mit dem Kompaß um 10 Uhr vormittags ein Streichwinkel von 72° 23′ (Fig. 4) abgelesen worden und betrug die Deklination zu dieser Zeit 12° 23′, so ist das wirkliche Streichen 72° 23′ — 12° 23′ = Nord 60° Ost $\left(h.\,4\,\frac{13{,}2}{16}\right)$.

Da das Streichen einer Gebirgschicht nur ganz ausnahmsweise auf größere Erstreckungen dasselbe bleibt, in der Regel vielmehr sich in geringen Abständen fortwährend ändert, so wird für Angaben im großen nur der Durchschnitt einer größeren Reihe von Streichwinkeln, das sog. „Generalstreichen" (vergl. Fig. 5), das z. B. für den Ruhrkohlenbezirk etwa h. 4 ist, angegeben.

Die zweite Haupt-Erstreckungsrichtung einer Gebirgschicht ist die Falllinie. Man versteht darunter eine Linie, welche auf der Ebene der Schicht senkrecht zur Streichlinie gezogen ist, mit anderen Worten die Schnittlinie zwischen der Schichtebene und einer zum Streichen senkrechten Vertikalebene. Man kann die Falllinie auch als diejenige Linie bezeichnen, welche von allen auf einer Schichtebene gezogenen die stärkste Neigung gegen die Horizontalebene hat und welche demgemäß der Bahn eines auf dem Liegenden herabrollenden Wassertropfens entspricht.

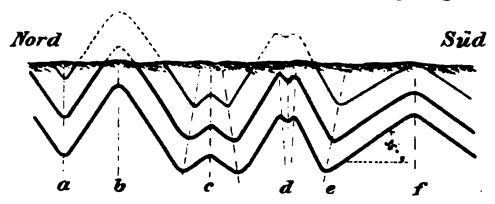


Fig. 6. Profil durch einen gefalteten Gebirgsteil. ——— Mulden- oder Sattelachsen.

Der Winkel, den die Falllinie mit ihrer söhligen Projektion bildet (Fallen, Einfallen, Neigung), wird nach Graden mit Hinzufügung der Fallrichtung angegeben, so daß z. B. das liegendste Flöz in Fig. 6 auf dem Südsattel-Nordflügel mit 35° nach Norden einfällt oder 35° nördliches Einfallen hat. Eine mit 90° einfallende Schicht bezeichnet der Bergmann als „auf dem Kopfe stehend".

Die vielfach steile Aufrichtung von Gebirgschichten durch den faltenden Druck hat die wichtige Folge, daß Schichten, welche sonst tief unter der Erdoberfläche liegen und daher sogar für den Bergmann nur schwer oder überhaupt nicht erreichbar sein würden, an die Oberfläche gebracht und dadurch bequem zugänglich gemacht werden. In dieser Weise ist durch die Faltung auch unsere Kenntnis von dem Aufbau der Erdrinde ganz wesentlich gefördert worden.

Für den Bergmann ist die mehr oder weniger steile Aufrichtung der Schichten auch insofern wichtig, als dadurch die „flache Bauhöhe" bestimmt wird, welche in einer Lagerstätte durch eine bestimmte Seigerteufe „eingebracht" wird. Wie Fig. 7 zeigt, wächst diese flache Höhe mit abnehmendem Fallwinkel immer schneller; während hier eine Verringe-

rung des Einfallens um 5° bei 85° die Bauhöhe nur um 0,6 m vergrößert, beträgt diese Vergrößerung bei 45° schon über 7 m, bei 20° rund 47 m.

27. — **Faltung.** In den weitaus meisten Fällen ist es nun nicht lediglich bei einer einfachen Aufrichtung von Schichten geblieben, sondern der seitlich wirkende Druck hat die Schichten zu mehr oder weniger tiefen und scharfen Wellen oder Falten zusammengeschoben, so daß z. B. ein gefaltetes Kohlenflöz nach Abdeckung der hangenden Schichten das Bild einer Hügellandschaft darbieten würde. Man vergleicht eine gefaltete Gebirgschicht treffend mit einem durch seitlichen Druck zusammengeschobenen Tischtuche.

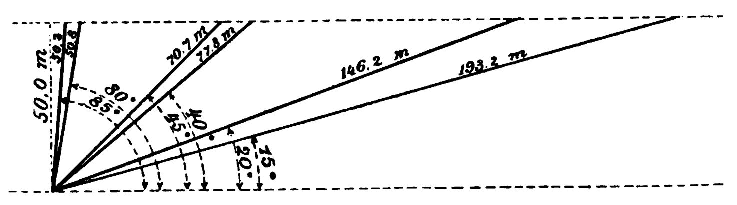


Fig. 7. Beziehungen zwischen Fallwinkel und flacher Bauhöhe.

Die durch die Faltung entstandenen Einsenkungen und Aufbiegungen der Schichten werden als „Mulden" bezw. „Sättel", deren Schenkel als „Mulden-" bezw. „Sattelflügel" bezeichnet. Sie treten am zahlreichsten und in spitzester Ausbildung in der Gegend auf, von welcher der Seitendruck gekommen ist, während sie nach der entgegengesetzten Seite hin fortgesetzt flacher und breiter werden. Das auf Tafel I wiedergegebene Querprofil durch das Ruhrkohlenbecken, dessen Faltung durch einen von Süden kommenden Druck veranlaßt worden ist, zeigt diesen Gegensatz

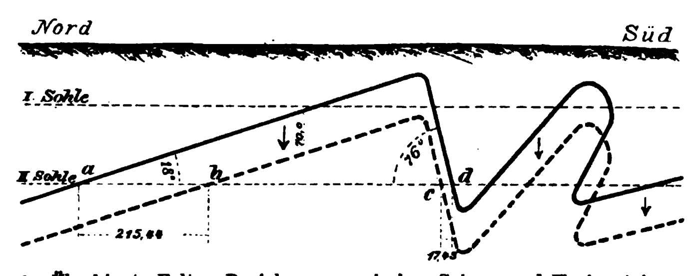


Fig. 8. Überkippte Falte. Beziehungen zwischen Seiger- und Horizontalverwurf.

aufs deutlichste. In den meisten Fällen sind die Schichtenbiegungen gerundet, selten treten, wie im belgischen und Aachener Steinkohlengebirge (vergl. Fig. 68), scharfe Zickzackfalten auf. Eine Mulde, welche innerhalb eines größeren Sattels auftritt, heißt „Spezialmulde" (*d* in Fig. 6); umgekehrt spricht man bei einem kleinen Sattel, welcher eine größere Mulde in zwei kleinere zerlegt, von einem „Spezialsattel" (*c* in Fig. 6). Ergibt sich aus den Lagerungsverhältnissen, daß zwei Flözflügel früher zusammengehangen haben müssen, später aber durch die Abtragung der hangenden Gebirgsschichten getrennt worden sind, so liegt ein „Luftsattel" vor (*b* und *d* in Fig. 6). Eine Falte, welche in der Druckrichtung so weit geschoben ist, daß

beide Flügel gleichgerichtetes Einfallen haben, heißt „überkippt“ (südlicher Sattel in Fig. 8). Der tiefste Punkt einer Mulde wird „Muldentiefstes“, der höchste Punkt eines Sattels „Sattelkuppe“ genannt. Die Linie, welche in einer und derselben Schicht die sämtlichen tiefsten Punkte einer Mulde bezw. die sämtlichen höchsten Punkte eines Sattels miteinander verbindet, heißt „Mulden-“ bezw. „Sattellinie“ (Fig. 9), wogegen die Verbindungslinien der tiefsten Punkte mehrerer übereinander liegenden Mulden bezw. der höchsten Punkte mehrerer übereinander liegenden Sättel als „Mulden-“ bezw. „Sattelachsen“ bezeichnet werden (Fig. 6).

28. — Darstellung von Mulden und Sätteln. Die zeichnerische Darstellung der Falten kann in der Weise erfolgen, daß man entweder einen senkrechten Schnitt quer zur Streichrichtung (Querprofil, Fig. 6, Fig. 8 u. a.) gelegt denkt oder sich die ganze Ablagerung söhlig ge-

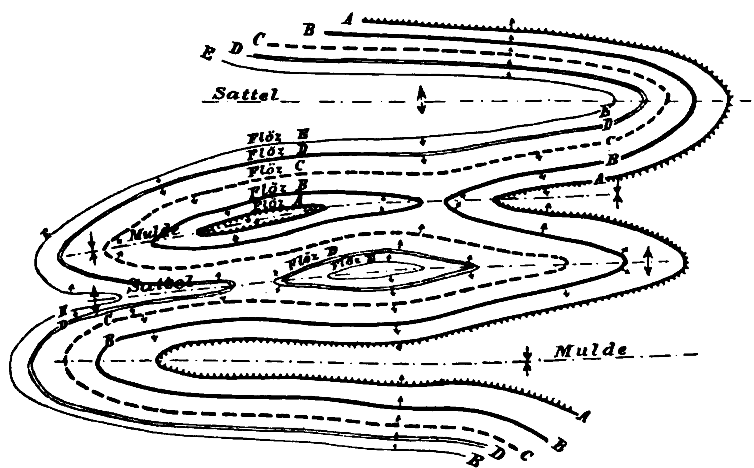


Fig. 9. Grundrißliche Darstellung offener und geschlossener Sättel und Mulden.
— · — · — · — Mulden- oder Sattellinien.

schnitten (im Grundriß) vorstellt. Da im Profil die Erhöhungen und Vertiefungen der Zeichnung den wirklichen Höhen und Tiefen entsprechen, so bietet dieses der Vorstellung keine Schwierigkeiten, weshalb nur auf die grundrißliche Darstellung etwas näher eingegangen zu werden braucht. Im Grundriß erscheinen die Streichlinien der einzelnen Schichten. Der Verlauf dieser Linien steht zu demjenigen der Sattel- und Muldenlinien in Beziehung; liegen diese söhlig, so können die Streichlinien der beiden Flügel sich nicht treffen und laufen einander parallel, falls die Flügel Ebenen bilden. Ist dagegen die Sattel- oder Muldenlinie nach einer Seite hin geneigt, so nähern sich bei einem Sattel nach dieser Seite, bei einer Mulde nach der entgegengesetzten Seite hin die Streichlinien beider Flügel, um schließlich in der „Sattel- bezw. Muldenwendung“ zusammenzutreffen („offene“ Falten, Fig. 9). Zweiseitig geneigte Sattel- und Muldenlinien haben das Auftreten der Sattel- und Muldenwendung auf beiden Seiten, d. h. die Entstehung „geschlossener“ Sättel und Mulden (Flöz *D* und *E* bezw. Flöz *A* und *B* in Fig. 9)

zur Folge. Ein geschlossener Sattel kann nach unten hin (nicht nach obenhin) durch Änderung der Neigung der Sattellinie in eine offene Sattel- und Muldenbildung übergehen; ebenso kann eine geschlossene Mulde nach obenhin (nicht nach untenhin) sich in offene Falten auflösen; überhaupt ergeben sich ganz dieselben Verhältnisse wie bei den Höhenlinien in der grundrißlichen Darstellung einer hügeligen Landschaft, wo in den höchsten und tiefsten Lagen geschlossene Höhenlinien (entsprechend den einzelnen Bergkuppen und Kesseltälern) auftreten, während in den mittleren Lagen das Bild eines fortwährenden Überganges von Bergvorsprüngen in Tal-

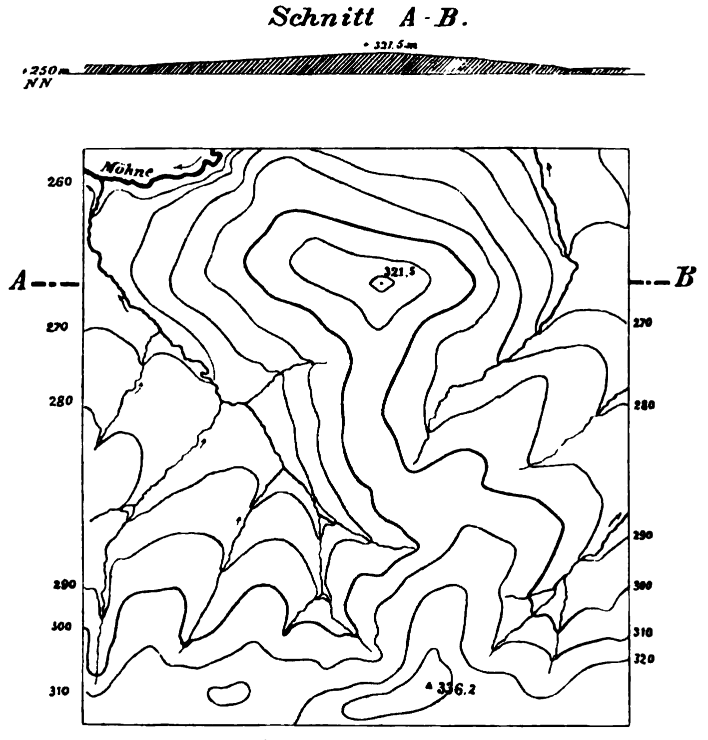


Fig. 10. Grundrißliche Darstellung von Höhenunterschieden durch Höhenlinien.

einschnitte, d. h. eine Reihenfolge offener Sättel und Mulden, entsteht (Fig. 10).

29. — Sonstige Erscheinungen bei Falten. Da das Tiefste einer Mulde und die Kuppe eines Sattels bei ungleichem Einfallen beider Flügel von einem Punkte auf dem steileren Flügel weniger weit entfernt liegt als von einem gegenüber in gleicher Höhe auf dem flachen Flügel gedachten Punkte, so verläuft im Grundriß die söhlige Projektion der Muldenbezw. Sattellinie nur dann in der Mitte zwischen beiden Flügeln, wenn diese zufällig gleiches Einfallen haben, sonst dagegen in der Nähe des steileren Flügels (Fig. 11). Im Querprofil verläuft die Mulden- bezw.

Sattelachse vertikal bei gleichem Einfallen beider Flügel (vergl. *a*, *b*, *f* in Fig. 6), wogegen ungleiches Einfallen eine Neigung der Faltenachse im Sinne des flacher geneigten Flügels zur Folge hat (*e* in Fig. 6).

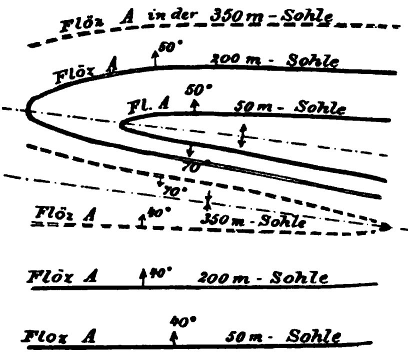


Fig. 11. Grundriß offener Falten auf 3 Sohlen.

Durchfährt man einen Sattel querschlägig, so gelangt man (vergl. die verschiedenen Profile) bis zur Erreichung der Sattelachse in immer liegendere, nach Durchörterung der Sattelachse in immer hangendere Schichten; bei Mulden ist das Entgegengesetzte der Fall. Entsprechend dieser Erscheinung treten in einem Horizontalschnitt einer Mulde in der Mitte die jüngsten, bei einem Sattel in der Mitte die ältesten Schichten auf. Werden mehrere Höhenlagen (z. B. Sohlen) im Grundriß dargestellt, so entsprechen die höchsten Lagen (Sohlen) dem Innern eines Sattels und dem Rande einer Mulde (Fig. 11).

b) Zerreifsungen von Gebirgschichten.

(Störungen im bergmännischen Sinne.)

30. — Allgemeines. Eine Zerreißung von Gebirgschichten mit gegenseitiger Verschiebung der auseinandergerissenen Teile kann auf dreierlei Weise, entsprechend 3 Bewegungsrichtungen, vor sich gegangen sein: es kann der eine Teil einer Schicht an der Zerreißungskluft entlang nach unten abgesunken (Sprung, Verwerfung) oder der eine Teil über den anderen hinüber- oder unter den anderen hinuntergeschoben (Überschiebung, Wechsel) oder endlich der bewegte Teil der Schicht in horizontaler Richtung gegen den anderen verschoben sein (Verschiebung, Blatt). Jedoch sind diese 3 Fälle nur die theoretisch denkbaren Grenzfälle, in Wirklichkeit ist wohl niemals die Bewegung so rein und scharf vor sich gegangen, sondern stets mit einer Vertikalbewegung nach oben oder unten auch eine Horizontalverschiebung verbunden gewesen und umgekehrt.

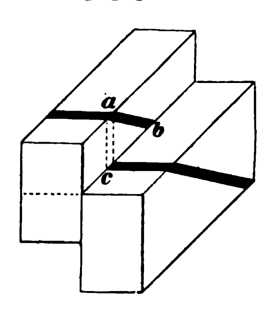


Fig. 12. Schematische Darstellung eines Sprunges.

1. Sprünge.

31. — Entstehung. Einen Sprung (Fig. 12) hat man sich in der Weise entstanden zu denken, daß eine Kluft aufgerissen und darauf der eine der dadurch getrennten Gebirgsteile um ein mehr oder weniger großes Stück in die Tiefe gesunken ist. Und zwar ist in den weitaus meisten Fällen das im Hangenden der Kluft befindliche Stück der Schicht das gesunkene.

Aus Beobachtungen über das Verhalten der noch heute bei Erdbeben aufreißenden Bruchspalten muß geschlossen werden, daß die meisten größeren Sprünge nicht sofort, sondern erst nach und nach das Gebirge auf die ganze, heute gemessene Höhe verworfen haben. Es leuchtet ein, daß eine einmal aufgerissene Spalte eine schwache Stelle in der Erdrinde darstellt und daß daher auch spätere Gebirgsbewegungen sich am einfachsten durch weitere Bewegungen auf dieser Spalte Luft machen. Diese Schlußfolgerung läßt sich durch Beobachtungen bei Sprüngen, welche Gebirgschichten von sehr verschiedenem Alter verworfen haben, erhärten. Entsprechend der Erfahrung nämlich, daß in der Gegenwart auf bekannten großen Bruchlinien der Erdrinde, sogenannten „Erdbebenlinien“, immer wieder Bewegungen und Erschütterungen wahrgenommen werden, zeigen manche größeren Verwerfungen, wie z. B. die Blumenthaler Hauptstörung im Ruhrbezirk und der südliche Hauptsprung im Saarrevier, das in Fig. 13 wiedergegebene schematische Bild: der Verwurf hat auch das Deckgebirge betroffen, und zwar in bedeutend schwächerem Maße, so daß angenommen werden muß, daß allerdings der Hauptverwurf bereits vor Ablagerung des Deckgebirges eingetreten war, nach Bildung des letzteren aber an der Spalte entlang eine nochmalige, schwächere Bewegung um das Stück $a a_1$ eingetreten ist.

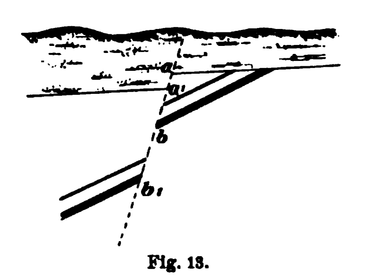


Fig. 13.

32. — Verhalten der Sprünge. Der Verlauf der Sprungklüfte ist, da sie als Bruchspalten von dem ihrem Aufreißen entgegengesetzten Widerstande, d. h. von der verschiedenen Härte der Gebirgschichten, abhängig sind, im Streichen sowohl wie im Einfallen unregelmäßig, so daß häufiges Verspringen und zahlreiche Richtungsänderungen zu beobachten sind und auch die Fallrichtung nicht selten wechselt. Auch die Mächtigkeit einer Kluftspalte ist aus demselben Grunde ganz verschieden; große, sich weithin erstreckende Verwerfungen werden häufig durch eine ganze Anzahl von Einzelklüften gebildet, so daß breite Kluftbänder („Störungszonen“) von 50—100 m Breite entstehen können. Überhaupt verhalten sich diese Spalten ganz wie die auf ähnliche Entstehungsursachen zurückzuführenden Erzgänge (s. d.). Diese Verwandtschaft beider Kluftarten tritt noch deutlicher dadurch hervor, daß Verwerfungsklüfte vielfach erzführend sind und daß z. B. ein Zusammenhang zwischen einigen Verwerfungsspalten des Ruhrkohlenbezirks und Erzgängen des südlich daran grenzenden Erzbergbaugebiets von Velbert-Selbeck als sehr wahrscheinlich nachgewiesen ist.

Diesen Unregelmäßigkeiten der Sprungklüfte entspricht vollkommen die Verschiedenheit in der Höhe des durch sie hervorgerufenen Verwurfs. Die Verwurfhöhe schwankt nicht nur überhaupt von wenigen Zentimetern bis zu mehr als 1000 m, sondern ändert sich auch bei einem und demselben Sprunge sehr häufig, so daß sie schon in geringen Entfernungen ganz verschieden werden kann. Aus diesem Schwanken der Verwurfhöhe

ergibt sich mit Notwendigkeit die Folgerung, daß eine gewisse Drehung des verworfenen Gebirgskörpers stattgefunden haben muß.

Die Streichrichtung der Kluftspalten ist von derjenigen der Schichten völlig unabhängig; die letzteren können von den Klüften streichend, recht- oder spießwinklig durchsetzt werden. Im Ruhrkohlenbecken bildet ein nahezu querschlägiger Verlauf der Spalten die Regel. Auch das Einfallen der Schichten steht zu den Sprüngen nicht in Beziehung, so daß sowohl flachliegende als auch steil aufgerichtete Schichten, sowie auch ganze Faltengebiete (vergl. Fig. 28 auf S. 26) von Sprüngen durchsetzt werden können.

Meistens sind die Spalten mit lockeren Gesteinsmassen (Bruchstücken zertrümmerten Gesteins oder von oben hineingefallenen oder -gespülten Massen jüngerer Ablagerungen) und Mineralien aus den zerrissenen Lagerstätten ausgefüllt; in vielen Fällen hat sich am Liegenden oder Hangenden der Kluft ein „Lettenbesteg“ als Ergebnis der zerreibenden und mahlenden Wirkung der verschobenen Gebirgsmassen aufeinander im Verein mit chemischen Umsetzungen gebildet. Diese Reibungswirkung äußert sich vielfach sehr deutlich in der Bildung glatter Rutschflächen („Spiegel“), sowie wellenförmiger Druckerscheinungen (Rutschstreifen oder „Harnische“),

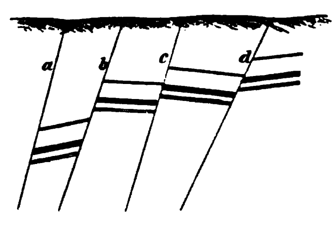


Fig. 14. Schema eines Staffelbruches.

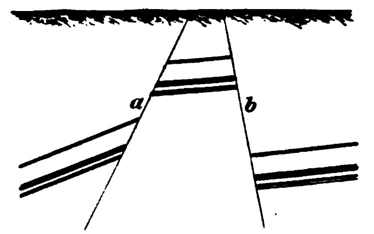


Fig. 15. Schema eines Horstes.

welche letzteren einen Schluß auf die Richtung der Bewegung gestatten. Häufig sind die Sprungklüfte als Wasserzubringer gefürchtet, da sie den Gebirgswassern die bequemsten Wege nach der Tiefe hin eröffnen. Auf die Tätigkeit solcher Gebirgswasser sind auch die vielfach zu beobachtenden Auskleidungen von Spalten mit Quarz, Kalkspat, Schwerspat, Schwefelkies, Bleiglanz, Haarkies, Zinkblende u. dergl. zurückzuführen (vergl. S. 19). Im Steinkohlengebirge findet man die Klüfte häufig mit schädlichen Gasen angefüllt, die aus den gestörten Kohlenflözen entwichen sind und sich in die Spalten hineingezogen haben, so daß die Kohle in deren Nähe stark entgast ist.

Die Zerklüftung des Gebirges durch die Sprünge hat naturgemäß eine starke Zunahme des Gebirgsdruckes in deren Nähe zur Folge.

33. — **Zusammenwirken mehrerer Sprünge.** Besondere Lagerungsverhältnisse ergeben sich aus dem Zusammenwirken mehrerer benachbarter Sprünge. Haben diese in einem und demselben Sinne gewirkt, so entstehen Treppen- oder Terrassenverwerfungen, auch Staffelbrüche genannt (Fig. 14). Sind auf zwei voneinander abfallenden Klüften die hangenden Schichten abgesunken, so bleibt zwischen ihnen ein sog. „Horst“ stehen (Fig. 15). Das Gegenstück dazu bildet ein „Graben“. Hier sind

die Schichten zwischen beiden einander zugeneigten Klüften in die Tiefe gesunken oder es ist (Fig. 16) nach dem Absinken der Gebirgsteile *II* und *IV* an der Kluft $a_1 a_2$ später eine neue Kluft *b* aufgerissen worden, welche die Gebirgsteile *III* und *IV* samt der Kluft a_1 verworfen hat; das Schichtstück *IV* ist also zweimal verworfen worden.

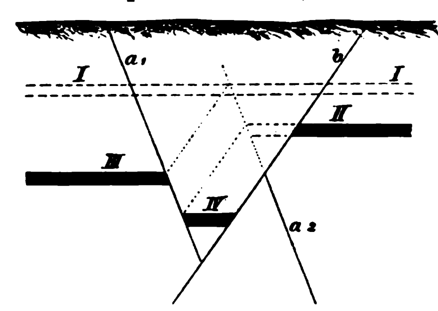


Fig. 16. Schema eines Grabens mit 2 verschiedenaltrigen Sprüngen.

Solche Horste und Gräben treten häufig in großem Maßstabe auf und beeinflussen dann wesentlich die Gestaltung der Erdoberfläche. So sind z. B. der Harz, der Thüringer Wald und andere Gebirge als Horste stehen gebliebener alter Gesteine anzusehen, während beispielsweise das obere Rheintal eine Grabensenkung zwischen den Vogesen auf der linken und dem Schwarzwald auf der rechten Rheinseite darstellt und auch das Saarbrücker Steinkohlengebirge wahrscheinlich als ein zwischen Vogesen und Hunsrück eingesunkener Graben aufzufassen ist.

34. — Ausrichtung von Sprüngen. Zur Ermittelung der für den Bergmann sehr wichtigen gesetzmäßigen Beziehungen zwischen dem Verlauf der Sprünge und demjenigen der gestörten Schichten ist eine zeichnerische Darstellung der Schichten und des Verwerfers erforderlich, und zwar sollen hier der Einfachheit halber nur gewöhnliche Sprünge betrachtet werden, d. h. solche, an denen die in ihrem Hangenden gelegenen Gebirgsteile abgesunken sind. Die für diese ermittelten Gesetze gelten dann ohne weiteres umgekehrt auch für die selteneren Fälle eines Absinkens der liegenden Schichten.

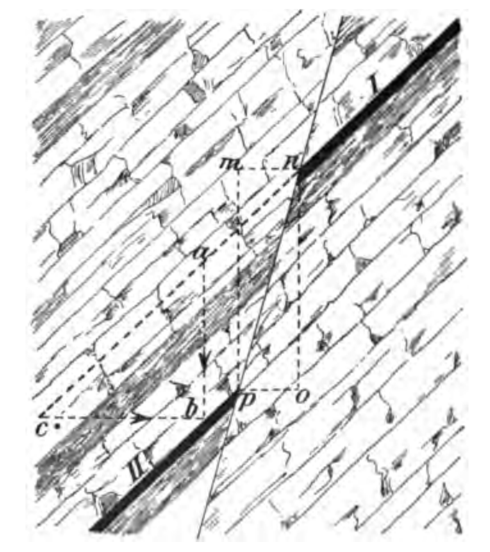


Fig. 17. Querprofil eines streichenden rechtsinnigen Sprunges.

Die Veranschaulichung durch eine Zeichnung bietet die geringsten Schwierigkeiten bei streichend oder nahezu streichend verlaufenden Sprüngen, weil hier schon das Querprofil zur Darstellung ausreicht. Ein solches Profil (Fig. 17) zeigt, daß ein gewöhnlicher Sprung eine Gebirgsschicht *I* so verwirft (nach *II*), daß man, von seinem Liegenden aus fahrend, aus älterem in jüngeres Gebirge kommt, und daß innerhalb der

Strecke *np* eine Lösung des abgesunkenen Teiles weder durch einen Schacht noch durch einen Querschlag erfolgen kann. Ferner ergeben sich aus dieser Figur 3 Längen: die „flache Sprunghöhe“ *np*, welche dem tatsächlich von dem abgesunkenen Gebirgsteil auf der Kluft zurückgelegten Wege entspricht, die seigere Sprunghöhe *no* und die söhlige Sprungweite *op*, die Horizontalprojektion der flachen Sprunghöhe.

Spießwinklig oder querschlägig durchsetzende Sprünge lassen sich durch ein einfaches Querprofil gar nicht oder doch nur sehr unvollkommen veranschaulichen, da die Ebene des Profils diejenige der Sprungkluft unter einem sehr spitzen Winkel schneidet oder ihr vollständig parallel verläuft. Es muß daher hier die grundrißliche und die perspektivische Darstellung zu Hilfe genommen werden.

Aus einer solchen schematischen Zeichnung (Fig. 12, vergl. auch Fig. 17) ergibt sich nun das sehr wichtige Gesetz, daß jede schräg geneigte Schicht durch ein senkrechtes Absinken an der Störungskluft entlang gleichzeitig mit der seigeren Verschiebung *a—c* auch eine scheinbare Horizontalverschiebung *c—b* erleiden muß. Während also ein streichender Sprung nach Fig. 17 die Gebirgsteile nur um das Stück $mn = op$ horizontal voneinander entfernt, dessen Länge lediglich von der flachen Sprunghöhe *np* und dem Einfallen der Kluft abhängt, tritt bei dem querschlägigen Sprung nach Fig. 12 außerdem noch eine Entfernung *bc* im Streichen der Kluft hinzu. Diese Erscheinung erklärt sich nach der Figur daraus, daß jede senkrecht nach unten verschobene schräge Linie sich gleichzeitig auch (scheinbar) seitlich verschiebt. Will man die Verhältnisse kennen lernen, durch welche das Maß dieser Verschiebung bedingt wird, so muß man sich klar machen, daß der scheinbare Horizontalschub bei einer und derselben senkrechten Senkung um so größer ist, je flacher die Linie geneigt ist (vergl. die bei derselben Vertikalsenkung von 70,0 m sehr verschiedenen Horizontalverschiebungen $a—b = 215{,}44$ m und $c—d = 17{,}45$ m der beiden unter 18° bezw. unter 76° geneigten Sattelflügel in Fig. 8, in welcher die ausgezogene Linie die Lage der Schicht vor der Störung, die punktierte Linie die Lage derselben Schicht hinter der Störung andeutet). Die äußersten Grenzen der scheinbaren Seitenverschiebung werden durch eine horizontale Lage der Linie einerseits und ihre vertikale Lage anderseits bezeichnet: im ersten Falle ist der Seitenverwurf unendlich groß, eine Ausrichtung durch söhlige Strecken also ausgeschlossen, während im zweiten Grenzfalle eine Seitenverschiebung überhaupt nicht eintritt, die verworfene Schicht also in der unmittelbaren Fortsetzung des stehen gebliebenen Stückes zu suchen ist.

Diese in vertikaler Richtung parallel zu sich selbst verschobene Linie der in den Figuren 18—22 dargestellten Verwerfungen ist nun die „Kreuzlinie“ *ab* bezw. $a_1 b_1$, d. h. die Schnittlinie zwischen der Ebene der Gebirgschicht und derjenigen des Sprunges. Die für Richtung und Maß des scheinbaren Seitenschubs ausschlaggebende Neigung dieser Kreuzlinie aber ist abhängig 1. von dem Fallwinkel der Schicht, 2. von dem Winkel zwischen den Streichrichtungen der Schicht und der Kluft und 3. von dem Fallwinkel der letzteren. Daß die Neigung der Kreuzlinie vom Schichtfallen abhängt, bedarf keines Beweises. Daß aber auch durch den

mehr oder weniger spießwinkligen Verlauf und ein mehr oder weniger flaches Einfallen der Sprungkluft die Neigung der Kreuzlinie beeinflußt wird, zeigen die Figuren 18—21, von denen Fig. 18 und 19 die Änderung im Verhalten der Kreuzlinie durch Veränderung des Streichwinkels, Fig. 20 und 21 die Beeinflussung der Kreuzlinie durch Änderung des Kluftfallens (von 70° auf 35°) bei sonst gleichen Verhältnissen erkennen läßt.

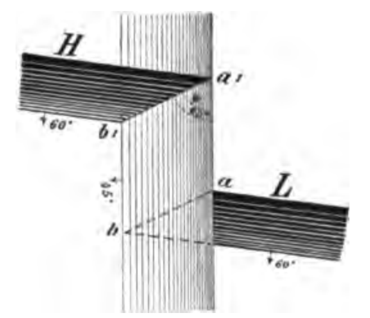


Fig. 18. Spießeckiger rechtsinniger Sprung. Sprungwinkel spitz.

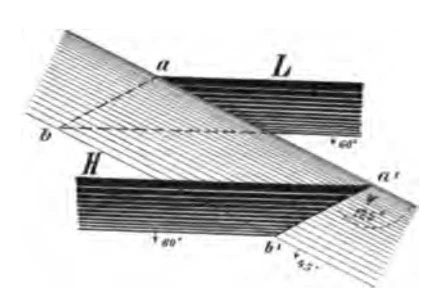


Fig. 19. Spießeckiger rechtsinniger Sprung. Sprungwinkel stumpf.

Diese Darstellungen, in denen L das stehengebliebene, H das abgesunkene Gebirgstück bezeichnet, zeigen auch den Ausnahmefall des „stumpfen Sprungwinkels“: die Kreuzlinie ist in den Figuren 19 und 21 nicht lediglich steiler geneigt als in den Figuren 18 und 20, sondern hat darüber hinaus sogar das entgegengesetzte Einfallen wie in diesen angenommen, so daß der sog. „Sprungwinkel“ ψ, d. h. der Winkel zwischen der Kreuzlinie und der im Hangenden des Flözes gezogenen Streichlinie

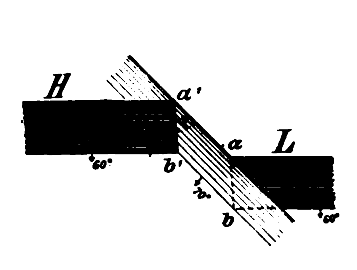


Fig. 20. Spießeckiger rechtsinniger Sprung. Sprungwinkel spitz.

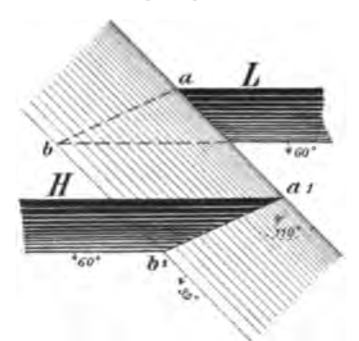


Fig. 21. Spießeckiger rechtsinniger Sprung. Sprungwinkel stumpf.

der Kluft, ein stumpfer geworden ist. Den dazwischen liegenden Grenzfall ($\psi = 90^0$) zeigt Fig. 22; er kann nur dann zustande kommen, wenn die Kluft flacher einfällt als das Gebirge.

Wie ein Blick auf die Figuren 18—22 zeigt und wie in der gleich anzuführenden Regel zum Ausdruck kommt, ist der Sprungwinkel bestimmend für die gegenseitige Lage der getrennten Gebirgsteile: obwohl bei allen dargestellten Störungen das im Hangenden der Kluft liegende

Stück der Schicht gesunken ist, hat man dennoch das verworfene Stück in den Figuren 19 und 21 auf der entgegengesetzten Seite zu suchen, wie bei spitzem Sprungwinkel in den Figuren 18 und 20. Diese Erscheinung erklärt sich nach dem oben über die scheinbare Seitenverschiebung einer schrägen Linie Gesagten ohne weiteres aus der entgegengesetzten Neigung der Kreuzlinien in beiden Fällen.

Von den beiden vorhin (S. 22) genannten Grenzfällen (wagerechte und senkrechte Lage der Kreuzlinie) kann der erstere bei den hier betrachteten spießwinkligen Sprüngen nur dann eintreten, wenn die Lagerstätte völlig söhlig liegt. Eine (in der Verschiebungsebene) senkrechte Richtung der Kreuzlinie kann nach Fig. 22 bei beliebiger Schicht- und Sprungneigung eintreten, solange nur der Sprung flacher einfällt als die Schicht; ein besonderer Fall dieser Art liegt dann vor, wenn die Schicht mit 90° einfällt und genau senkrecht zur Kluft streicht.

Das aus dem Vorstehenden sich ergebende allgemeine Gesetz über die Lage verworfener Gebirgsteile bei spießwinkligen echten Sprüngen ist folgendes:

Bei einem echten Sprung hat man das verlorene Stück einer Gebirgschicht in der Fallrichtung der Kreuzlinie zu suchen, wenn man das Hangende der Sprungkluft angefahren hat, dagegen entgegengesetzt zur Fallrichtung der Kreuzlinie, wenn man das Liegende der Sprungkluft angefahren hat.

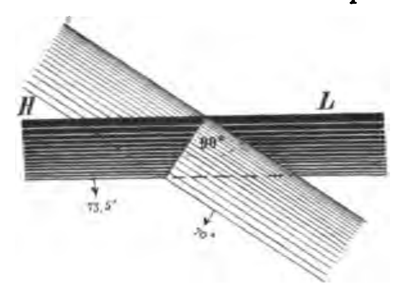


Fig. 22. Spießeckiger rechtsinniger Sprung. Sprungwinkel = 90°.

Diese Ausrichtungsregeln entsprechen der von Treptow aufgestellten Regel, welche ihrerseits wieder eine einfachere Fassung der Regel von Bergrat Zimmermann in Clausthal darstellt, bei der ebenfalls die Kreuzlinie eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Da der Fall des stumpfen Sprungwinkels nur ausnahmsweise eintritt, so kommt man in den weitaus meisten Fällen mit der im Ruhrbezirk gebräuchlichen einfachen, von v. Carnall durch Zusammenfassung der Schmidtschen 4 Regeln erhaltenen Regel aus: Fährt man das Hangende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Hangende der Gebirgschichten aufzufahren; fährt man das Liegende des Verwerfers an, so hat man hinter diesem ins Liegende der Gebirgschichten aufzufahren.

Ob man das Hangende oder das Liegende der Kluft angetroffen hat, erkennt man daran, daß im ersteren Falle die Kluft nach dem betreffenden Grubenbau hin einfällt, d. h. zuerst in der Sohle angetroffen wird, und umgekehrt.

Eine ganz allgemein, d. h. auch für unechte Sprünge, geltende Regel läßt sich natürlich überhaupt nicht aufstellen; für derartige Störungen gilt einfach die Umkehrung der gewöhnlichen Regel.

In vielen Fällen hat man es nicht nötig, zur Auffindung des verworfenen Teiles einer Schicht die Ausrichtungsregeln zu Hilfe zu nehmen.

Es können z. B. Rutschflächen auf dem Liegenden oder Hangenden einen Fingerzeig geben, indem sie in der Bewegungsrichtung des gesunkenen Teiles, nach welcher dieser zu suchen ist, sich glatt, in der entgegengesetzten Richtung rauh anfühlen. Ebenso können Umbiegungen der Schichten an der Kluft („Hakenschläge") auf die Richtung hinweisen, in welcher die Bewegung erfolgt und daher das abgerissene Stück zu suchen ist. Oder man fährt hinter der Störung eine Gebirgsschicht an, deren Lage zu der zu suchenden Schicht bekannt ist; weiß man z. B.,



Fig. 23. Rechtsinniger echter Sprung; Einfallen der Kluft flacher als das des Gebirges.

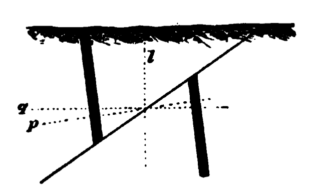


Fig. 24. Widersinniger echter Sprung; Kluftfallen flacher als das des Gebirges.

daß eine hinter der Kluft angetroffene Meeresmuschelschicht 60 m im Hangenden der gesuchten Schicht liegt, so weiß man ohne weiteres, wohin die Ausrichtung zu erfolgen hat.

Während für den Erzbergmann von der richtigen Ausrichtung eines größeren Sprunges sehr viel, häufig das ganze Bestehen der Grube, abhängt, ist für den Steinkohlenbergmann diese Aufgabe weniger wichtig, da die durch die Faltung bedingten eigenartigen Lagerungsverhältnisse der Flöze es mit sich bringen, daß eine größere Anzahl von Bergwerken

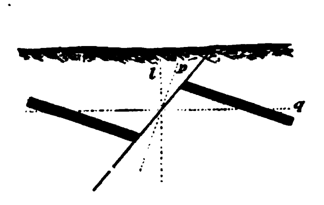


Fig. 25. Widersinniger echter Sprung; Kluftfallen steiler als das des Gebirges.

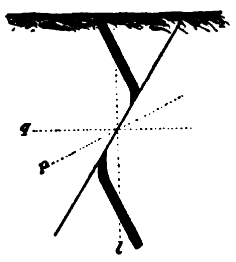


Fig. 26. Widersinniger unechter Sprung.

im Streichen einer und derselben Störung bauen und daher ihre Erfahrungen über deren Verhalten austauschen können, und da außerdem meist eine größere Anzahl von Flözen vorliegt, also hinter einer Störung meist bald wieder ein Flöz angetroffen wird, einerlei, ob man ins Liegende oder ins Hangende fährt.

35. — **Sonstige Beziehungen bei Sprüngen.** Je nach dem Verhältnis der Fallrichtung des Gebirges zu derjenigen der Kluft unterscheidet man rechtsinnige und widersinnige Sprünge. Dieser Unterschied ist am einfachsten zu kennzeichnen bei streichenden Sprüngen, wo im Querprofil bei rechtsinnigen Sprüngen (Fig. 23) beide Fallrichtungen gleich-

gerichtet, bei widersinnigen Sprüngen (Fig. 24—26) einander entgegengesetzt sind. Bei spießwinkligen Verwerfungen äußert sich die Verschiedenheit darin, daß im Grundriß die beiden Fallrichtungen bei rechtsinnigen Sprüngen einen spitzen (Fig. 27), bei widersinnigen Sprüngen einen stumpfen Winkel miteinander bilden; im letzteren Falle ergibt ein Profil quer zum Gebirgsstreichen ein ähnliches Bild wie Fig. 26. Weitere Unterschiede ergeben sich, je nachdem das Einfallen der Kluft steiler (Fig. 25) oder flacher (Fig. 23 u. 24) als dasjenige des Gebirges ist.

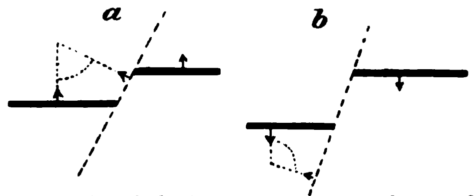


Fig. 27. Grundriß eines rechtsinnigen echten und eines widersinnigen unechten Sprunges.

Man unterscheidet 3 Richtungen, nach welchen die verworfenen Schichtteile „sich decken“, d. h. zweimal angetroffen werden können, und erhält dann eine Reihe verschiedener Fälle, je nachdem Deckung nach dem Lot (l) oder dem Perpendikel (p) oder dem Querschlag (q), oder nach mehreren dieser Richtungen gleichzeitig vorhanden ist. Ohne hier auf alle in dieser Hinsicht möglichen Fälle einzugehen, soll nur auf verschiedene Möglichkeiten bei streichenden Sprüngen hingewiesen werden.

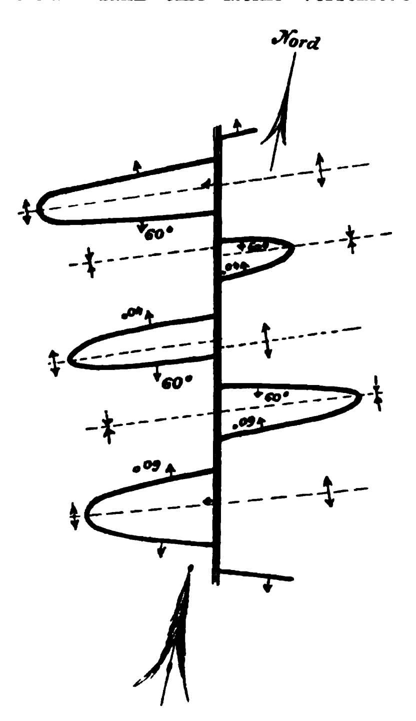


Fig. 28. Verwerfung einer Faltengruppe (Grundriß).

Bei dem Sprunge nach Fig. 17 (rechtsinniger echter Sprung, Einfallen des Gebirges flacher als das des Sprunges) findet keinerlei Deckung statt.

Dagegen liegt bei dem rechtsinnigen echten Sprunge nach Fig. 23, welcher flacher als das Gebirge einfällt, 3fache Deckung vor.

Bei dem widersinnigen echten Sprunge nach Fig. 24 decken sich die Schichtteile nach Querschlag und Perpendikel, wogegen bei dem widersinnigen echten Sprunge nach Fig. 25 nur Querschlagdeckung stattfindet, weil hier infolge des flacheren Schichtfallens die Perpendikeldeckung wegfällt. Bei dem widersinnigen unechten Sprung nach Fig. 26 ist nur Deckung nach dem Lote vorhanden.

36. — Sprünge und Falten. Sind Falten von jüngeren Querverwerfungen zerrissen worden, so ist das gesunkene Stück durch größere oder geringere Breite von dem stehen gebliebenen zu unterscheiden. Nach Fig. 28 ist das gesunkene Stück (links) bei einem verworfenen Sattel schmaler,

bei einer verworfenen Mulde breiter als das stehen gebliebene. Die hiernach bei Verwerfung einer ganzen Reihe offener Falten sich ergebenden Verhältnisse werden ebenfalls durch Fig. 28 veranschaulicht. Selbstverständlich muß, wie auch die genauere Prüfung dieser Zeichnungen ergibt, für jeden der verworfenen Flügel sich wieder die oben gefundene Ausrichtungsregel ergeben, so daß man auch umgekehrt die Regel aufstellen kann: die Lage des verworfenen Teiles einer Schicht kann dadurch gefunden werden, daß man die Schicht als einen Sattel- oder Muldenflügel betrachtet (in Fig. 29 ist durch die punktierten Linien die Ergänzung zu einem Sattel und einer Mulde angedeutet) und nun die Fortsetzung gemäß Fig. 28 sucht.

Da bei einer solchen Verwerfung die Ebenen der Sattel- und Muldenachsen ihrerseits sich ebenfalls wie Schichten verhalten, so muß bei geneigter Lage der Faltenachse durch den Seigerverwurf eine (scheinbare) Horizontalverschiebung derselben zustande kommen, die sich im Grundriß nach Fig. 28 durch ein Verspringen der Sattel- und Muldenlinien äußert. Daraus ergibt sich mit Bezug auf die Abhängigkeit der Faltenachsen von dem Einfallen beider Flügel gemäß Fig. 6, daß ein Sprung bei ungleichem Einfallen beider Flügel auch die Sattel- und Muldenlinien seitlich verwirft, während bei gleichem Einfallen beider Flügel diese Linien keine Ablenkung erleiden (vergl. Fig. 28).

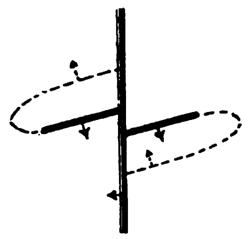


Fig. 29. Ausrichtung mit Benutzung der Erscheinungen bei Falten.

Bei überkippten Falten, wie sie z. B. im Aachener und belgischen Steinkohlenbergbau nicht selten auftreten, hat ein Sprung die eigenartige Erscheinung zur Folge, daß in einem Punkte der stehen gebliebene und der verworfene Teil der Falte (vergl. den Südflügel des Südsattels in Fig. 8) sich kreuzen, so daß an dieser Stelle auch bei einem sehr großen Seigerverwurf die Streichlinie nicht seitlich abgelenkt wird.

2. Überschiebungen (Wechsel).

37. — Wesen und Entstehung der Überschiebungen. Eine Überschiebung ist dadurch gekennzeichnet, daß der im Hangenden der Kluft gelegene Gebirgsteil höher liegt als der im Liegenden der Kluft befindliche. Demgemäß kommt nach Fig. 30 der Bergmann, der eine Überschiebung, von ihrem Liegenden ausgehend, durchfährt, hinter derselben in tiefere, d. h. ältere Gebirgsschichten.

Eine Überschiebung heißt rechtsinnig, wenn ihre Fallrichtung dieselbe ist wie diejenige der Gebirgschichten (Fig. 30), widersinnig bei entgegengesetzter Fallrichtung (Fig. 31). Jedoch sollen Überschiebungen der letzteren Art bei den sog. Verschiebungen besprochen werden, zu denen sie ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach eine größere Verwandtschaft zeigen, so daß hier nur von den rechtsinnigen Überschiebungen die Rede sein wird.

Eine solche Gebirgstörung hat stets ein „Doppelliegen" der verworfenen Schichten zur Folge; es findet Deckung nach allen 3 Richtungen statt, und die Ausrichtung des verlorenen Schichtteiles bietet keine Schwierigkeiten.

Um die sonstigen Eigenschaften einer Überschiebung richtig würdigen zu können, möge auf ihre mutmaßliche Entstehung zurückgegriffen werden.

Während die Sprünge engere Beziehung zur Faltung haben können, aber nicht haben müssen, also sehr häufig auch durch andere Gebirgsbewegungen als die der Faltung zugrunde liegenden entstanden sind, stehen die Überschiebungen zu dem die Faltung veranlassenden Seitendruck in unmittelbarer Beziehung. Diesem Drucke können nämlich die Gebirgsschichten entweder dadurch nachgeben, daß sie sich zu Falten zusammen-

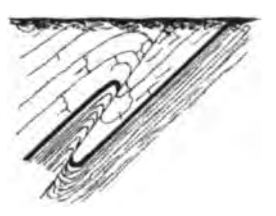


Fig. 30. Profil einer rechtsinnigen Überschiebung.

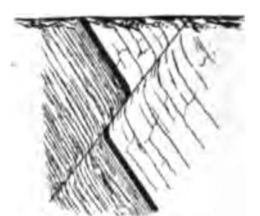


Fig. 31. Profil einer widersinnigen Überschiebung.

schieben lassen, oder dadurch, daß sie an Längsrissen entlang, welche annähernd senkrecht zur Druckrichtung verlaufen, sich teilweise über- oder untereinanderschieben. So z. B. ist sowohl in der Fig. 32, wo eine Sattelbiegung auftritt, als auch in der Fig. 33, wo eine Überschiebung dargestellt ist, eine Verkürzung des Gebirgskörpers um das gleiche Stück $abc - p$ (Fig. 32) $= r$ (Fig. 33) zustande gekommen.[1] Ob nun eine Überschiebung an Stelle einer Falte oder durch Überschreitung der Elastizitätsgrenze der Gebirgsschichten infolge zu starker Faltung entsteht, hängt

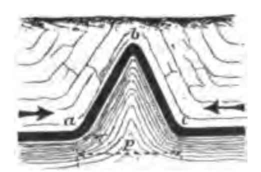


Fig. 32. Schichtverkürzung durch Faltung.

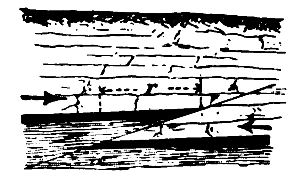


Fig. 33. Schichtverkürzung durch Überschiebung.

von der Beschaffenheit des Gesteins, also seiner größeren oder geringeren Festigkeit und Sprödigkeit und außerdem von dem größeren oder geringeren Gewicht der überlagernden Gebirgsmassen ab. Es ist das Verdienst von Bergassessor Dr. L. Cremer, für mehrere sehr bedeutende westfälische Überschiebungen die Entstehung vor der Faltung oder zu Beginn derselben unzweifelhaft dargetan zu haben, so daß also diese Überschiebungen an der betreffenden Stelle das Zustandekommen einer Falte verhindert haben. Die Begründung dieser Auffassung ist dadurch gegeben, daß diese Überschiebungsklüfte selbst gemäß Fig. 34 wieder von der Faltung betroffen

[1]) Beispiel im großen: Die durch die Falten und Überschiebungen der Alpenkette bewirkte Verkürzung des Erdumfangs hat man auf 125 km geschätzt.

sind. Jedoch können Überschiebungen auch durch eine zu starke Beanspruchung der Gebirgschichten durch die Faltung erklärt werden, und zwar entweder dadurch, daß gemäß Fig. 35 eine Mulden- und Sattelbildung so stark zusammengeschoben wurde, daß der beiden gemeinsame sog. Mittelschenkel vollständig zerquetscht und einer mit Gesteinstrümmern ausgefüllten Kluft ähnlich geworden ist, oder dadurch, daß infolge der starken Knickung der Gebirgsschichten an den Faltenbiegungen ihre Widerstandsfähigkeit

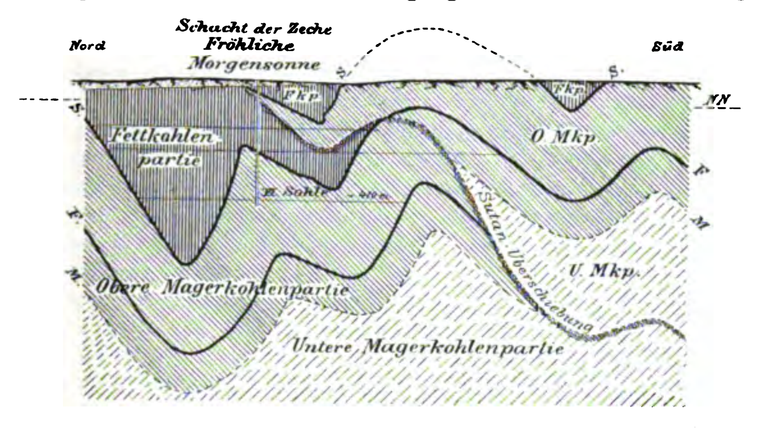


Fig. 34.

so beeinträchtigt worden ist, daß bei Fortdauer der Druckwirkung in der Faltenachse ein Riß entstehen mußte, an dem entlang sich der hangende Flügel über den liegenden herüberschieben konnte. Für eine solche Entstehung spricht bei vielen Überschiebungen der Umstand, daß sie im Streichen in eine Faltenbildung übergehen.

Ob in den durch die Figuren 30/31 und 33/34 veranschaulichten Fällen die Bewegung an der Überschiebungskluft entlang nach oben oder

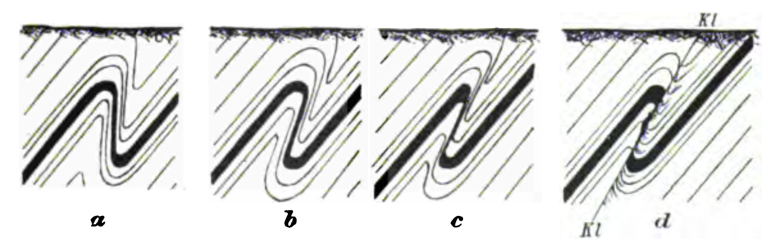


Fig. 35. Entstehung einer Überschiebung als „Faltenverwerfung". Nach Heim.

nach unten oder nach oben und unten erfolgt ist, d. h. ob streng genommen eine Überschiebung oder eine Unterschiebung oder beides zugleich vorliegt, läßt sich nicht mit Sicherheit ermitteln, ist aber auch belanglos, da das Endergebnis in jedem Falle dasselbe ist.

38. — Besondere Eigenschaften der Überschiebungen. Aus der Entstehungsweise einer Überschiebung folgt, daß sie annähernd im Streichen verlaufen und ziemlich flach einfallen muß. Denn nur ein streichender

Gebirgsriß ermöglicht die Verkürzung eines Gebirgskörpers in der Druckrichtung und nur bei nicht zu steiler Neigung dieses Risses kann diese Verkürzung ein ausreichendes Maß annehmen.

Nach Beobachtungen von Dr. L. Cremer schließen die Überschiebungen im Ruhrbezirk in der Regel sowohl im Streichen als auch im Einfallen einen Winkel von ca. 15° mit den Gebirgschichten ein, so daß man danach annähernd die Stelle bestimmen kann, wo eine bekannte Überschiebung an anderer Stelle zu erwarten ist.

Aus dem Umstande, daß Überschiebungen unter der fortgesetzten Einwirkung eines gewaltigen Seitendrucks gebildet sind, folgt weiterhin auch, daß sie nicht durch eine offene Kluft, sondern lediglich durch eine stark zerriebene, vielfach mit kleinen „Schleppungsfalten“ oder „Hakenschlägen“ durchsetzte Gesteinspartie gekennzeichnet werden. Demgemäß bringen Überschiebungen in der Regel auch kein Wasser, wohl aber können sie, da hier immerhin ein zerrüttetes Gebirge vorliegt, schädliche Gase bergen. Der Gebirgsdruck kann, wie bei den Sprüngen, in der Nähe der Störung stark anwachsen. Dem Steinkohlenbergmann werden kleine Überschiebungen häufig dadurch gefährlich, daß sie durch Doppellagerung und Stauchung mächtiger Flöze starke Anhäufungen von Kohle bilden, die infolge ihres zerstörten Gefüges zur Selbstentzündung neigt.

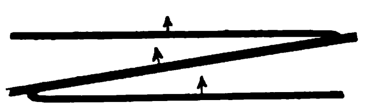


Fig. 36. Grundriß einer Überschiebung.

Die zeichnerische Darstellung von Überschiebungen bietet keine Schwierigkeiten, da sie wegen ihres nahezu streichenden Verlaufes im Querprofil deutlich hervortreten. Fig. 36 zeigt eine Überschiebung im Grundriß; die beiden Teile der Lagerstätte werden nach ihrer Lage zur Kluft als hangender bezw. liegender Wechselteil bezeichnet.

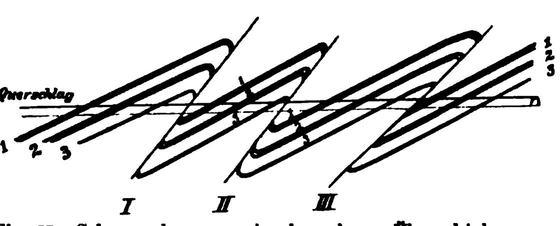


Fig. 37. Schuppenlagerung durch mehrere Überschiebungen.

Treten Überschiebungen gruppenweise auf, so haben sie eine sog. „Schuppenstruktur“ des Gebirges zur Folge, d. h. das Gebirge wird in eine Anzahl dachziegelartig übereinander geschobener Schollen zerlegt. Die querschlägige Durchörterung eines solchen Störungsgebietes trifft die Schichten in der Reihenfolge *1 2 3*, *1 2 3* (Fig. 37) an, während bei Durchörterung von Faltungen (Fig. 6, S. 14) sich die Reihenfolge *1 2 3*, *3 2 1*, *1 2 3* ergibt.

39. — Beispiele größerer Überschiebungen. Ihrer Entstehung entsprechend treten Überschiebungen in stärkster Ausbildung dort auf, wo der Seitenschub sehr stark gewesen ist und infolgedessen auch eine weitgehende Faltung stattgefunden hat; so wird das südliche Gebiet des Ruhrkohlenbeckens von wesentlich stärkeren derartigen Störungen durchsetzt als dessen nördlicher Teil, während hinwiederum auch die ersteren Überschiebungen zurücktreten müssen gegenüber der Hauptstörung des noch

stärker gefalteten belgischen Steinkohlengebirges, nämlich der großen Südüberschiebung (faille du midi), welche auf eine Erstreckung von etwa 380 km von Nordfrankreich durch Belgien in das Aachener Steinkohlenbecken verfolgt worden ist und an der entlang Schichten von devonischem, teilweise sogar silurischem (s. S. 11) Alter in gleiche Höhe mit denjenigen des Oberkarbons geschoben worden sind, woraus sich stellenweise eine flache Schublänge von etwa 3000 bis 4000 m ergibt. Diese große Störung ist dieselbe, auf welcher die Thermalquellen von Aachen-Burtscheid zutage treten. Noch stärkere Überschiebungen treten in dem durch gewaltige Faltungsvorgänge emporgewölbten Alpengebirge auf, wo neuere Forscher stellenweise Überschiebungen mit einer Bewegung von vielen Kilometern Länge festgestellt haben. — Im übrigen kann bei Überschiebungen ebenso wie bei den Sprüngen das Bewegungsmaß in den weitesten Grenzen schwanken und bis auf wenige Zentimeter herabgehen.

40. — **Unterschiede zwischen Sprüngen und Überschiebungen.** Faßt man die Unterschiede zwischen Sprüngen und Überschiebungen zusammen, so erhält man folgendes Bild.

	Einfallen:	Streichen:	Ausfüllung:	Wasserführung:	Im Hangenden der Kluft liegen in gleicher Höhenlage:
Sprünge	steil	vom Schichtstreichen unabhängig	Gesteinstrümmer, Kristallkrusten, Erze	vielfach bedeutend	jüngere Schichten.
Überschiebungen	etwas steiler als das des Gebirges	dem Schichtstreichen nahezu parallel	zerriebenes Mineral und Nebengestein	meist spärlich	ältere Schichten.

3. Verschiebungen.

41. — **Wesen, Entstehung und Eigenschaften der Verschiebungen.** Mit dem Namen „Verschiebungen“ bezeichnen wir Gebirgstörungen, an denen entlang eine horizontale oder nahezu horizontale Bewegung eines Gebirgsteiles stattgefunden hat. Die Verschiebungskluft kann nahezu streichend verlaufen und sehr flach einfallen (Fig. 38/39) oder bei steilem Einfallen einen mehr oder weniger querschlägigen Verlauf nehmen (Fig. 40). Störungen der ersteren Art, die von anderen auch als „widersinnige Überschiebungen“ (vergl. Fig. 31) bezeichnet werden, treten seltener auf. Beispiele für diese Verschiebungen liefern die Figuren 38 und 39, von denen die letztere eine Darstellung des sog. „grand transport“ im Borinage (Belgien) gibt, der eine Verschiebung der Gebirgsmassen um 100—140 m gegeneinander zur Folge gehabt hat.

Die querschlägigen Verschiebungen werden von E. Süß nach einem österreichischen Bergmannsausdruck als „Blätter“ bezeichnet. Bei ge-

neigten Gebirgsschichten haben sie aus demselben Grunde, aus welchem sich bei den echten Sprüngen eine scheinbare Horizontalverschiebung als Folge des Seigerverwurfs ergibt, eine scheinbare Vertikalverschiebung zur Folge. So könnte nach der Lage der getrennten Schichtteile in Fig. 12 ebensogut eine Horizontalverschiebung von *c* nach *b*, wie ein Seigerverwurf von *a* nach *c* angenommen werden. Es ist daher, falls nicht deutliche Schleppungserscheinungen, also Umbiegungen der Schichten in horizontaler Richtung, vorliegen, nicht immer ohne weiteres zu entscheiden, ob man es mit einer Verschiebung zu tun hat. Wohl aber

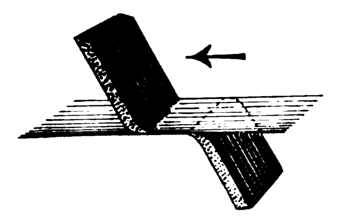


Fig. 38. Schema einer annähernd streichenden Verschiebung.

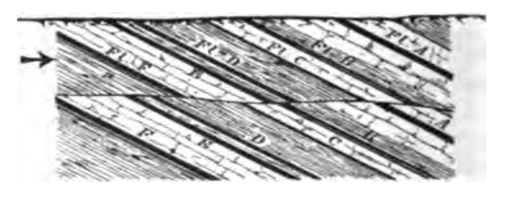


Fig. 39. Profil durch die „grand-transport"-Verschiebung. Nach Demanet.

kann man in Faltengebieten diese Störungen als solche erkennen. So z. B. ist die Störung in dem Grundriß nach Fig. 40 eine Verschiebung, weil einerseits die beiden Teile der gestörten Mulde die gleiche Breite haben, was bei einem Sprunge nicht möglich wäre, und anderseits beide Flügel trotz ihres entgegengesetzten Einfallens in demselben Sinne verschoben erscheinen. Daher kann es im Faltengebirge bei genügender Stärke des Seitenschubs auch vorkommen, daß man hinter der Störung dieselbe Gebirgschicht, aber mit entgegengesetztem Einfallen, d. h. ihren Gegenflügel, wieder antrifft.

Fig. 40. Grundriß der Verschiebung von Zeche „Hörder Kohlenwerk" bei Dortmund.

Die Entstehung der Verschiebungen ist darauf zurückzuführen, daß die verschiedenen Gebirgsteile einem horizontalen Seitendruck ungleichen Widerstand entgegensetzten und deshalb in der Druckrichtung zerrissen und gegeneinander verschoben werden konnten, so daß der starre Gebirgskörper in eine Anzahl selbständig bewegter Schollen zerlegt wurde. Eine derartige Druckwirkung konnte während oder nach der Faltung entstehen. Der erstere Fall ist häufiger und einfacher zu erklären. Verschiebungen dieser Art sind dadurch kenntlich, daß die Falten auf beiden Seiten der Kluft verschiedenartig ausgebildet sind (Fig. 41), weil infolge des Trennungsrisses beide Gebirgskörper verschieden bewegt werden konnten. Als Beispiel sei die im Ruhrbezirk in der Gegend von Langendreer auftretende „Wieschermühlenstörung" genannt,

auf deren beiden Seiten dieselben Flözgruppen in ganz verschiedener Faltenausbildung aufgeschlossen sind.

Im übrigen zeigen die Verschiebungen annähernd dieselben Eigenschaften wie die Sprünge. Im Ruhrbezirk ist allerdings ihr Bewegungsmaß und ihre Erstreckung im Streichen geringer als bei den Sprüngen. Die größte hier bis jetzt beobachtete Verschiebung, welche durch die Zechen Courl und Massen bekannt geworden ist, hat man auf etwa 5 km Länge bei einer Horizontalverschiebung von 400—500 m aufgeschlossen.

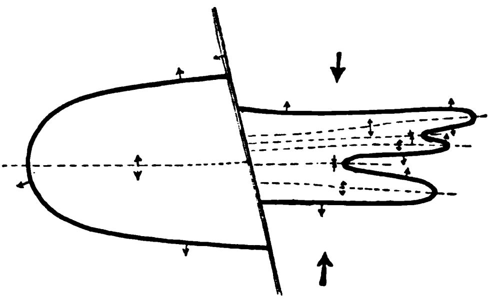


Fig. 41. Grundriß einer vor oder während der Faltung entstandenen Verschiebung.

c) Die praktische Bedeutung der Lageveränderungen für den Bergbau.

42. — **Gebirgsbewegungen und Wert der Grubenfelder.** Die Faltung und die verschiedenartigen Gebirgsbewegungen haben die Mineralführung der Grubenfelder in der mannigfaltigsten Weise beeinflußt und teilweise scharfe Unterschiede zwischen diesen geschaffen. Besonders deutlich tritt dieses Verhältnis im Steinkohlenbergbau hervor. Der Zusammenschub der Schichten durch die Faltung bedeutet im allgemeinen in einem flözreichen Gebirgsmittel eine Erhöhung des Kohlenreichtums (Fig. 42), kann aber auch bei starker Faltung nach Fig. 43 zur Folge gehabt haben, daß das Muldentiefste einer Flözgruppe im Grubenfelde „Franziska" zu tief

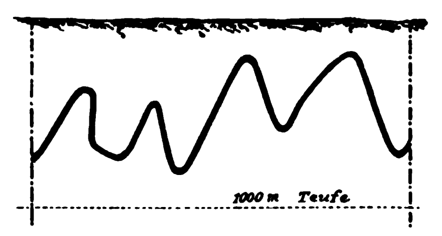


Fig. 42. Erhöhung des gewinnbaren Mineralreichtums durch Faltung eines Flözes.

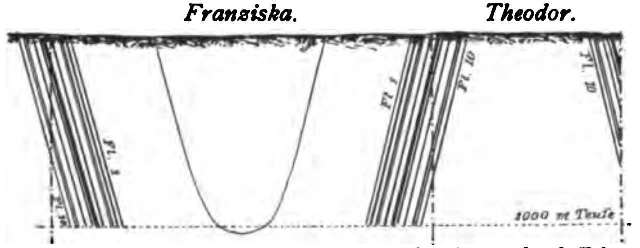


Fig. 43. Verringerung des gewinnbaren Mineralreichtums durch Faltung.

liegt, um der bergmännischen Gewinnung erreichbar zu sein, während umgekehrt im Nachbarfelde Theodor durch nachträgliche Zerstörung des flözreichen Sattels ebenfalls eine starke Verminderung der gewinnbaren Kohlen-

mengen herbeigeführt worden ist. Den Einfluß von Überschiebungen mit ihrer „Doppellagerung“ zeigt Fig. 44: das Grubenfeld hat infolge einer Überschiebung eine wertvolle Flözfolge in geringer Teufe zweimal zu erwarten; umgekehrt wird eine Grube, in deren Feld ein flözleeres oder flözarmes Mittel doppelt auftritt, stark benachteiligt. Die Bedeutung von Sprüngen zeigt sich namentlich bei Horst- und Grabenverwerfungen: je nachdem der stehen gebliebene und dadurch der Verwitterung oder Abrasion ausgesetzt gewesene Gebirgsteil in seinen höheren Schichten reich oder arm an Flözen gewesen ist und je nach der Größe der einzelnen Verwürfe ergeben sich ganz verschiedene Verhältnisse. Ein Beispiel gibt Fig. 45. Die auf den Horst bauende Grube „Berggeist“ hat in ihrem Felde nur noch ein flözarmes Gebirgsmittel und ist dadurch erheblich benachteiligt gegenüber der Nachbargrube „Abendstern“, in deren Feld die flözreiche Partie durch Absinken an der Kluft entlang erhalten geblieben ist. Anderseits liegen

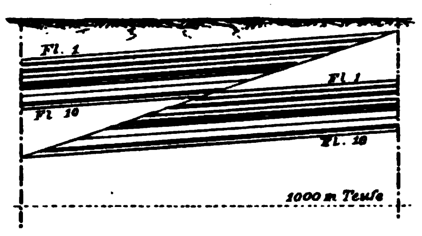


Fig. 44. Erhöhung des Mineralreichtums durch Doppellagernng.

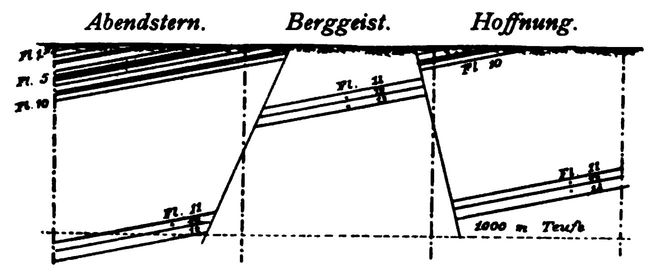


Fig. 45. Beeinflussung des Mineralreichtums durch Verwerfungen.

die Verhältnisse auf Grube „Berggeist“ immer noch vorteilhafter als auf Grube „Hoffnung“, welche infolge des zu geringen Seigerverwurfs an der zweiten Kluft entlang die flözreichen Schichten nur noch zum kleinsten Teile angetroffen hat und das darunter folgende flözarme Mittel erst in großer Teufe faßt.

d) Zusammenfassung.

43. — Überblick über die Entstehung und die späteren Veränderungen der Erdrinde. Faßt man die im vorstehenden vorgetragenen Anschauungen zusammen, so erhält man von der wahrscheinlichen Entstehung der heutigen Gestaltung der Erdrinde und ihrer Oberfläche folgendes Bild:

Nachdem der anfänglich aus glühenden Gasen bestehende Weltkörper durch fortgesetzte Ausstrahlung in den sehr kalten Weltenraum sich so weit abgekühlt hatte, daß um den glühenden Kern eine feste Erstarrungskruste von größerer Mächtigkeit sich legen konnte, traten infolge weiterer Abkühlung des Innern und infolge der Unnachgiebigkeit der starren

Kruste starke Spannungserscheinungen in dieser auf, welche zur Entstehung mächtiger Bruchspalten und zur Aufwölbung hoher Faltengebirge führten, die ihrerseits wieder von Querspalten (Sprüngen und Verschiebungen) und Längsklüften (Überschiebungen) zerrissen wurden, durch welche verschiedenartigen Klüfte teilweise die glühenden Massen des Erdinnern in starken vulkanischen Ausbrüchen sich Luft machen konnten. Als dann nach weiterer Abkühlung der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre sich auf der Erdoberfläche niederschlagen konnte, trat die Wirkung des Wassers hinzu, das in seinen verschiedensten Formen die durch die Innenkräfte des Planeten geschaffenen Oberflächenformen veränderte: als Regen zerbröckelte es im Verein mit Wind und Sonne, Wärme und Kälte die Gesteine an der Oberfläche, — als Bach und Fluß schnitt es tiefe Täler ein und lagerte weiter unten wieder mächtige Schichten mitgeführter Gesteinstücke in den verschiedensten Korngrößen ab, als Gletscher griff es in ähnlicher Weise fortgesetzt die Sohlen und Hänge der Gebirgstäler an und trug durch alle diese Tätigkeiten die Hochgebirge beständig ab, — als Meer dehnte es durch den Ansturm gegen die Küsten sein Reich stets weiter landeinwärts aus, in unterirdischen Wasserläufen wusch es mannigfache Klüfte und Höhlen aus, die es an anderen Stellen wieder mit mitgeführten Mineralstoffen auskleidete usw. Während dieser Zeit dauerte aber die Bewegung der Erdrinde infolge der Abkühlung des Erdinnern ununterbrochen fort und äußerte sich fortgesetzt in zahlreichen großen und kleinen Veränderungen der Erdoberflächengestaltung: Neue Kettengebirge von teilweise gewaltiger Erstreckung wölbten sich nach und nach auf. Neue Spalten bildeten sich, zwischen denen Gräben einsanken oder Horste stehen blieben. Festland wurde gesenkt und vom Meere überflutet. Umgekehrt wurde alter Meeresboden durch Hebung oder durch das Einsinken benachbarter Schollen trocken gelegt und den Einwirkungen der Verwitterung und Erosion preisgegeben. Vulkanische Ausbrüche brachten bald hier, bald dort neue Gesteinsmassen an die Erdoberfläche, die wieder den Rohstoff für mancherlei neue Gesteinsbildungen lieferten. Dazu trat noch die Tätigkeit der Pflanzen und Tiere, von denen die ersteren durch chemische und mechanische Einwirkungen die Verwitterung kräftig unterstützten und hier und da auch in Gestalt winziger Algen (Diatomeen) auf dem Meeresgrunde mächtige Schichten (Kieselguhr) ablagerten, während die Tierwelt namentlich im langsamen Aufbau mächtiger Kalkmassen (Korallenriffe) und in der Anhäufung zahlloser Gehäusereste von Infusionstierchen (Schreibkreide) gesteinsbildend wirkte.

II. Lagerstättenlehre.

44. — Einteilung der Lagerstätten. Die Lagerstätten können nach den verschiedensten Gesichtspunkten, z. B. nach ihrer Entstehungsweise, ihren Beziehungen zum Nebengestein, ferner nach den nutzbaren Mineralien, die sie enthalten, nach deren chemischen Verbindungen, nach der Art ihrer Verteilung in der Lagerstätte u. dgl., unterschieden werden. Die dem Bergmann am nächsten liegenden Einteilungsgründe sind der Inhalt

der Lagerstätten einerseits und ihre äußere Gestalt, welche die bergmännische Inangriffnahme bestimmt, anderseits.

Dem Inhalte, d. h. der Mineralführung nach kennt der Bergmann Lagerstätten mineralischer Brennstoffe (Steinkohle, Braunkohle, Erdöl), Lagerstätten mit Erzen, d. h. Mineralien, aus welchen sich Metalle erschmelzen lassen, Lagerstätten wasserlöslicher Salze (Steinsalz und Kalisalze verschiedenster Zusammensetzung) und Lagerstätten mit Mineralien, welche verschiedenartigen Verwendungszwecken dienen, indem sie teils, wie Asphalt, Glimmer, Asbest, Graphit, Schmirgel, als Rohstoffe für verschiedene Industriezweige benutzt, teils, wie Diamanten und Halbedelsteine (Topas, Smaragd, Beryll, Granat, Türkis usw.), Meerschaum, Bernstein, Alabaster, zu Schmuck- und Gebrauchsgegenständen verarbeitet werden. Zu bemerken ist hierzu jedoch, daß manche Mineralien verschiedenartige Bedeutung haben; so dient der Schwefelkies in erster Linie zur Herstellung von Schwefelsäure, in zweiter Linie zur Eisengewinnung; Kobalterze werden nur in untergeordnetem Maße zur Darstellung von Kobaltmetall, in weit größerer Menge dagegen für die Erzeugung blauer Farbstoffe verwendet.

Die für uns wichtigsten Lagerstätten sind die den ersten 3 Gruppen angehörigen, also die Kohlen-, Erz- und Salzlagerstätten.

Nach der Gestalt, d. h. der äußeren Begrenzung und inneren Beschaffenheit der Lagerstätten, haben wir in der Hauptsache zu unterscheiden:

1. Flöze,	4 Stöcke (Stockwerke),
2. Lager,	5. Nester (Butzen),
3. Gänge,	6. Seifen.

Diese Einteilung deckt sich nur bei Flözen, Gängen und Seifen im großen und ganzen mit derjenigen nach der Entstehung. Lager, Stöcke und Nester dagegen können sowohl gleichzeitig mit dem Nebengestein als auch nachträglich (durch Ausfüllung von Hohlräumen oder spätere Anreicherung mit nutzbaren Mineralien) entstanden sein; bei Stöcken und Nestern kann außerdem auch noch eine Entstehung durch die Tätigkeit des Wassers oder durch vulkanische Erscheinungen unterschieden werden.

Auf die verschiedenartigen Mineralien der 3 Gruppen sind diese Lagerstättenformen ganz ungleichmäßig verteilt, indem nur die Erzlagerstätten in allen 6 Formen auftreten, Kohlen- und Salzlagerstätten sich dagegen im wesentlichen auf die Formen der Flöze und Lager beschränken.

A. Flöze.

45. — Unter einem Flöz verstehen wir eine Lagerstätte, welche eine im Verhältnis zur Länge und Breite geringe Dicke, d. h. eine im Verhältnis zur Flächenausdehnung sehr geringe Mächtigkeit besitzt und sich durch nahezu parallele Begrenzungsflächen auszeichnet. Als Beispiel für die Größe der Flächenerstreckung im Verhältnis zur Flözstärke sei das Flöz Mausegatt des Ruhrkohlenbezirks genannt, welches sich bei einer Mächtigkeit von 1—2 m über eine Fläche von mindestens 2000 qkm (die Falten eingeebnet gedacht) erstreckt, so daß es verglichen werden kann mit einem Blatte feinsten Seidenpapiers ($^1/_{40}$ mm stark), das sich über

eine Fläche von ca. 5 m Breite und 7 m Länge ausbreitet. Was die Gleichförmigkeit betrifft, so ist diese allerdings im strengen Sinne nur ganz ausnahmsweise vorhanden; jedoch verschwinden die örtlichen Schwankungen in der Mächtigkeit vollkommen gegenüber der großen Flächenerstreckung.

Das Einfallen der Flöze kann ganz verschieden sein, da die ursprüngliche, horizontale oder doch nur schwach geneigte Lage in vielen Gegenden im Laufe der Zeit durch die gebirgsbildenden Kräfte in der mannigfachsten Weise geändert worden ist.

Beispiele von Flözlagerstätten bieten die Stein- und Braunkohlenflöze aller Himmelsstriche, das seit Jahrhunderten bekannte und gebaute Mansfelder Kupferschieferflöz, die goldführenden Konglomeratflöze Transvaals u. a.

B. Lager.

46. — Lager sind Lagerstätten, welche ihrer Entstehung und ihrem Verhalten nach mancherlei Ähnlichkeit mit Flözen haben, sich von diesen aber durch eine im Verhältnis zur Mächtigkeit geringe Flächenausdehnung und durch eine unregelmäßige, meist nach den Seiten hin sich „auskeilende" Gestalt unterscheiden (vergl. Fig. 46). Ihre Mächtigkeit kann unter Umständen außerordentlich groß werden; so hat man in einem Steinsalzlager bei Sperenberg, südlich von Berlin, bereits bis über 1000 m gebohrt, ohne auf das Liegende zu stoßen.



Fig. 46. Schwedisches Eisenerzlager (schwarz). Nach Beck.

Wie die Flöze, können auch die Lager, durch spätere Gebirgsbewegungen aus ihrer ursprünglichen Horizontallage aufgerichtet, ein ganz verschiedenes Einfallen haben, so daß z. B. das altberühmte Kupfer- und Bleierzlager des Rammelsberges bei Goslar sogar überkippt liegt (vergl. auch Fig. 46).

Als Lager sind außer den bereits genannten Steinsalz- und Erzlagerstätten u. a. anzusprechen die deutschen Kalisalzablagerungen und die über-



Fig. 47. Schematisches Profil durch die Minette-Ablagerungen. Nach van Werveke.

aus reichen schwedisch-norwegischen Magneteisensteinvorkommen (Fig. 46). Im übrigen läßt sich zwischen Flözen und Lagern vielfach keine scharfe Grenzlinie ziehen, da auch die ersteren nicht auf beliebige Erstreckungen ihre regelmäßige Gestalt beibehalten und auch häufig große Mächtigkeiten zeigen. Braunkohlenlagerstätten z. B. kann man vielfach sowohl den Flözen als auch den Lagern zurechnen und auch für die reichen Braun-

eisenstein- („Minette-") Ablagerungen Lothringens (Fig. 47), in deren Besitz sich Deutschland, Frankreich und Luxemburg teilen, lassen sich beide Bezeichnungen rechtfertigen.

C. Gänge.

47. — Als Gänge bezeichnet man Gebirgsklüfte, welche in der auf S. 3 geschilderten Weise durch die gebirgsbildenden Kräfte aufgerissen und später durch kalte oder warme, von oben niederfallende oder von unten aufsteigende Gebirgswasser, oder auch durch heiße, aus dem Erdinnern aufsteigende Dämpfe mit nutzbaren Mineralien ganz oder teilweise ausgefüllt worden sind. Sie können also, bildlich gesprochen, mit ausgeheilten und vernarbten Wunden der Erdrinde verglichen werden. Je nach der Art der Ausfüllungsmasse unterscheidet man Erz-, Kalkspat-, Schwerspat-, Flußspat- u. dergl. Gänge, abgesehen von den nicht hierher gehörigen Eruptiv- (Basalt-, Granit-, Porphyr- usw.) Gängen.



Fig. 48. Idealprofil eines Erzganges.

Verschiedentlich hat man, entsprechend dem Harzer Bergmannswunsch „es wachse das Erz!", den Vorgang der Erzabscheidung in Gangspalten noch jetzt verfolgen können.

Gemäß ihrer Entstehungsweise zeigen die Gänge folgende Eigentümlichkeiten:

Ihr Verlauf und ihre Begrenzung ist vollkommen unregelmäßig, indem das Gestein je nach seiner größeren oder geringeren Widerstandsfähigkeit, Härte, Sprödigkeit usw. mehr oder weniger weit entweder glatt oder durch ein Netz von Spalten aufgerissen worden ist. Daher kann der Hauptriß, ähnlich wie die Setzrisse in Häusern, mehr oder weniger abgelenkt, zerteilt oder von Nebenrissen begleitet werden, so daß bald eine einzige breite oder schmale Kluft, bald an deren Stelle ein Netz von schmalen Spalten auftritt, bald Seitenklüfte (Trümmer) von der Hauptspalte ausgehen, die wiederum als „Bogentrümmer" sich weiterhin wieder mit der Kluft vereinigen („scharen") oder als „Diagonaltrümmer"

die Verbindung mit einem Nachbargang herstellen können usw. (s. Fig. 48). Nach diesem verschiedenen Verhalten unterscheidet man „einfache Gänge“ (Fig. 48), d. h. Ausfüllungen einfacher, glatter Gebirgspalten, und zusammengesetzte Gänge (Fig. 49, welche gleichzeitig ein Bild der Ausfüllung gibt), bestehend aus einem vollständigen Netz von erzführenden Klüften, welche mehr oder weniger große und mehr oder weniger zertrümmerte Teile des Nebengesteins zwischen sich einschließen. Die ersteren finden ihr Gegenstück in den einfachen Störungsklüften, die letzteren in den breiten „Störungszonen“ des Flözbergbaus. Während die einfachen Gänge deutliche Begrenzungsflächen („Salbänder“) aufweisen, findet man solche bei zusammengesetzten Gängen nur an einer Seite oder gar nicht, indem es nach einer Seite oder nach beiden Seiten hin der Willkür des einzelnen Beurteilers überlassen bleibt, welche der vielen Teilklüfte er

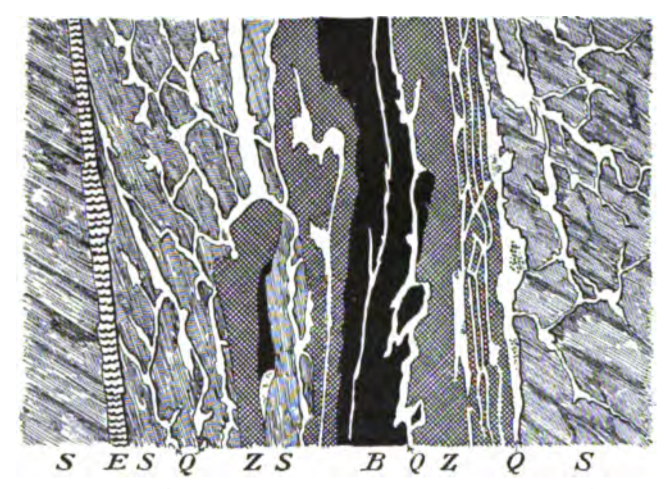


Fig. 49. Firstenstoß in einem zusammengesetzten Erzgang. *S* Nebengestein, *E* Lettenbesteg, *Q* Quarz, *B* Bleiglanz, *Z* Zinkblende.

als Grenzkluft des ganzen Ganges auffassen will. — Die Salbänder sind häufig durch „Lettenbestege“ (*E* in Fig. 49) gekennzeichnet.

Ferner ist das Einfallen der Gänge immer steil, da die Gebirgsspalten, mögen es nun Sprungklüfte oder Verschiebungspalten sein (s. oben), immer nach dem Erdinnern hin aufreißen.

Das Alter der Gänge ist verhältnismäßig gering, da ja schon die Spalten selbst bedeutend jünger sein müssen als die umgebenden Gebirgsschichten, die Ausfüllungsmassen der Spalten aber meist wiederum, und zwar vielfach erheblich, jünger sind, als diese selbst. Wie die gewöhnlichen Gebirgsklüfte können auch die Gänge ein ganz verschiedenartiges Streichen haben; jedoch ist das Streichen der Gänge einer und derselben Gegend vielfach gleichmäßig, wie z. B. die Darstellung der Gangzüge des Oberharzes in Fig. 50 deutlich erkennen läßt.

Gänge finden wir überall, wo die gebirgsbildenden Kräfte sich haben entfalten können. Als deutsche Gangbergbaugebiete seien genannt: der

Harz (Clausthal, Grund, St. Andreasberg), das sächsische Erzgebirge (Freiberg, Annaberg), Nassau und das Siegerland, das südlich an den Ruhrbezirk anschließende Gebiet von Velbert, Selbeck, Lintorf.

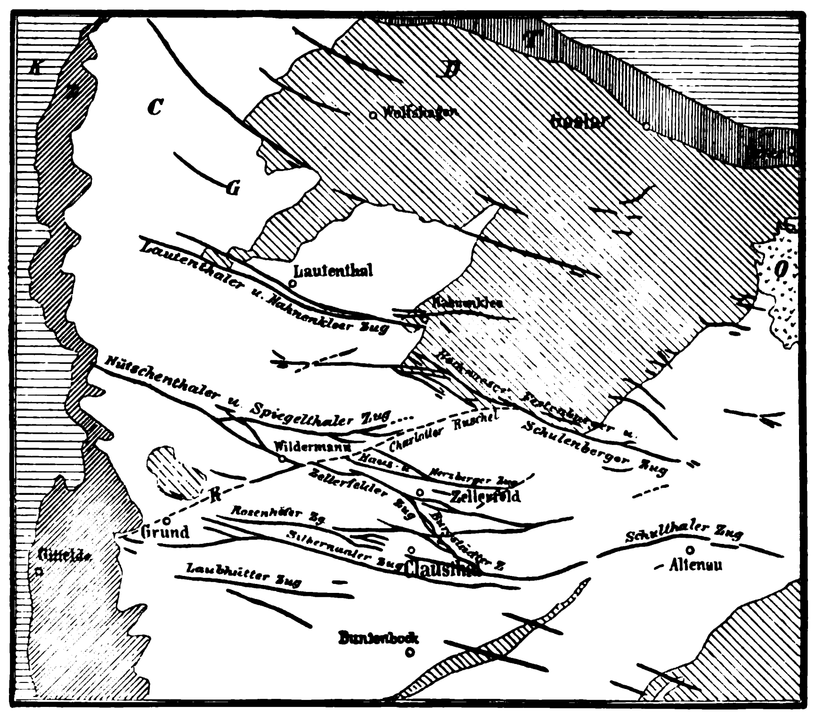


Fig. 50. Gangkärtchen des Oberharzes. *C* Kulm, *D* Devon, *T* Trias, *K* Kreide, *Z* Zechstein, *O* Granit.

D. Stöcke, Butzen, Nester, Stockwerke.

48. — Stöcke, Butzen, Nester. Als Stöcke (Fig. 51—53) bezeichnet der Bergmann mehr oder weniger große, unregelmäßige, meist undeutlich begrenzte Gebirgskörper, welche nutzbare Mineralien enthalten. Derartige

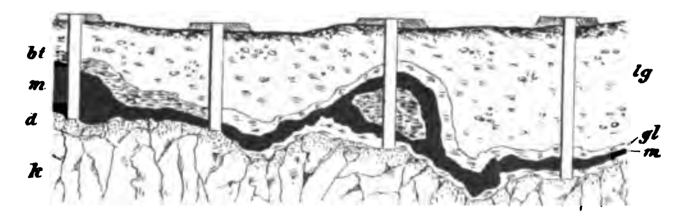


Fig. 51. Stockförmige nassauische Manganerzlagerstätten. Nach Riemann. *m* Erz, *k* Kalkstein, *d* Dolomit, *bt* Ton, *gl* Letten, *lg* Letten mit Geschieben.

Lagerstätten können sich gebildet haben durch die auswaschende und wieder ausfüllende Tätigkeit von Gebirgswassern (Fig. 51 und 53) oder durch Ausbrüche glutflüssiger, metallhaltiger Gesteinsmassen (Fig. 52) oder

durch Tränkung poröser Gesteinschichten, wie z. B. lockerer Sandsteine, mit metallhaltigen Wassern oder heißen Dämpfen aus dem Erdinnern, endlich auch durch Stauchung von Flözen oder Lagern infolge seitlichen Gebirgschubes (Fig. 57 auf S. 43). Durch Stöcke der erstgenannten Entstehungsart sind namentlich solche Gegenden gekennzeichnet, in denen



Fig. 52. Kupfererzstock von Monte Catini in Toskana. Nach G. vom Rath.
e Erz, *sp* Serpentin, c Konglomerat, *d* Diabas.



Fig. 53. Stockförmiges schweizerisches Bohnerzvorkommen. Nach Greßly.
e Erz, *t* Ton, *k* Kalk, *b* Kalktrümmer.

der Kalk in größeren Massen auftritt (Fig. 51 und 53), da dieses Gestein verhältnismäßig leicht (s. oben) durch Wasser angegriffen wird; sie finden sich hier teils mitten im Kalkstein (Fig. 53), teils an der Grenze zwischen diesem und den benachbarten Gebirgschichten (Fig. 51).

Unter Butzen und Nestern versteht man Stöcke von geringem Umfang (Fig. 54).

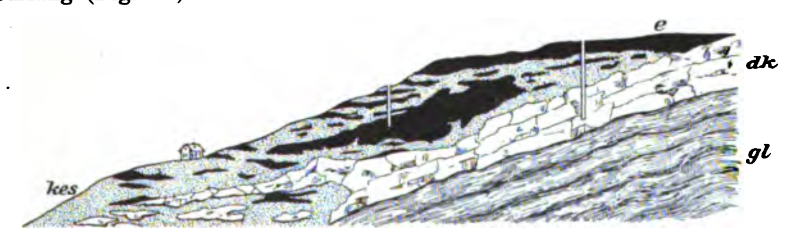


Fig. 54. Eisenerzlager, -Stöcke und -Nester auf Elba. Nach Fabri.
e Erz, *dk* dolomitischer Kalkstein, *gl* Glimmerschiefer, *kes* Kalk-Eisen-Silikatgestein.

Beispiele für Erzstöcke bieten die Zinkerzlagerstätten (im Kalkstein) von Altenberg bei Aachen, Beuthen in Oberschlesien, Raibl in Kärnten. Butzen und Nester sind u. a. viele kleine Eisen- und Manganerzlagerstätten in Nassau und Hessen.

49. — Stockwerke. Stockwerke sind massige Gesteinstöcke, welche netzartig von zahllosen Erzgängen durchschwärmt sind, von denen aus

auch die zwischenliegenden Gebirgsmittel mit Erzen durchsetzt sind, so daß die ganze Masse abbauwürdig wird und eine Lagerstätte entsteht, welche einem zusammengesetzten Erzgang ähnlich ist.

Die bekanntesten Stockwerke sind die Zinnerzlagerstätten im sächsischen Erzgebirge, teils auf deutschem, teils auf böhmischem Gebiet.

E. Seifen.

50. — Die Seifen können auch als „Trümmerlagerstätten“ bezeichnet werden, da sie als Überreste ehemals im Gebirgskörper eingeschlossen gewesener Lagerstätten aufzufassen sind, welche letzteren durch Wasserläufe im Verein mit der Verwitterung zernagt und vom Wasser in Gestalt von Geröll fortgeführt worden sind, das sich dann an ruhigeren Stellen wieder abgesetzt hat. Es können sich auf diesem Wege mehr oder weniger erz- und metallreiche Kies- und Sandlager gebildet haben, indem während des Wassertransportes durch Fortführung der leichten (tauben) und Zurück-

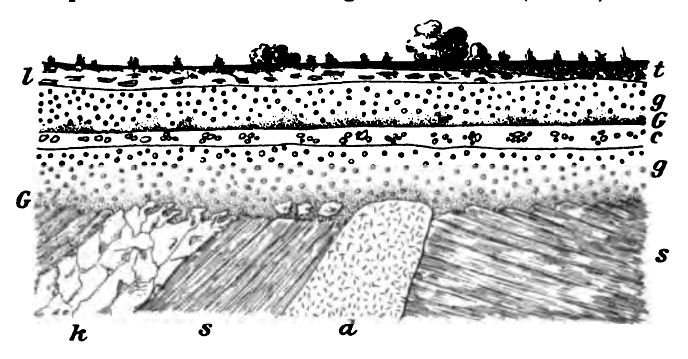


Fig. 55. Idealer Längsschnitt durch eine Goldseife. Nach Beck. *G* Gold, *s* Schiefer, *k* Kalkstein, *d* Eruptivgestein, *g* Kies, *c* Geröll, *l* Lehm, *t* Torf.

lassung der schweren (erzhaltigen) Trümmerstücke gleichzeitig eine natürliche Aufbereitung stattfand. Entsprechend dieser Entstehungsweise ist der Gehalt der Seifen an nutzbaren Mineralien auf solche beschränkt, welche diese rauhe Behandlung ertragen konnten, d. h. welche hart genug waren, um der Zermahlung zu Schlamm zu entgehen, oder schwer genug, um sich frühzeitig abzusetzen. Diese Erfordernisse besitzen außer Gold und Platin in der Hauptsache nur noch Zinn- und gewisse Eisenerze, sowie der Diamant und Halbedelsteine wie Saphir, Rubin u. dergl., so daß die Seifen fast ausschließlich als Fundstätten dieser Mineralien in Betracht kommen.

Man bezeichnet die Seifen folgerichtig auch als „sekundäre“ („aus zweiter Hand gebildete“) Lagerstätten.

Als bekannte Beispiele von Seifen seien hier vor allem genannt die Goldseifen Kaliforniens und Alaskas (Klondyke) sowie die Zinnseifen Cornwalls und der ostindischen Inseln Banka und Billiton, welche einen großen Teil der Zinnerzeugung der Welt liefern. Auch bilden sich in den meisten Flüssen noch heute vor unseren Augen Seifen, da der Flußsand fast immer goldhaltig ist und in früheren Zeiten in Deutschland (wie noch jetzt in ver-

schiedenen tropischen Ländern) verschiedentlich auf Gold verarbeitet worden ist.

F. Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Lagerstätten.

51. — Allgemeines. Außer den oben besprochenen Gebirgstörungen, welche naturgemäß in gleichem Maße auch die in das Gebirge eingeschlossenen Lagerstätten betroffen haben, sind hier noch einige andere Unregelmäßigkeiten zu nennen, welche in der Regel mit der Bildung der Lagerstätten selbst zusammenhängen. Sie machen sich vorzugsweise in sonst regelmäßigen Lagerstätten, also in erster Linie in Flözen, bemerkbar.

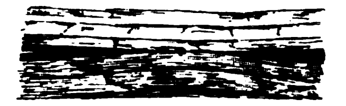
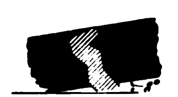


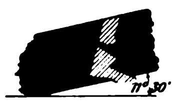
Fig. 56. Verdrückung.

52. — Wechsel in der Mächtigkeit. Eine sehr häufige Erscheinung ist der namentlich in Kohlenflözen zu beobachtende Wechsel der Mächtigkeit, indem das Flöz bald (Fig. 56) „verdrückt“ erscheint, bald „sich wieder auftut“, bald auch „Stöcke“ oder „Säcke“ von ungewöhnlicher Mächtigkeit bildet (vergl. Fig. 57). Eine Lagerung, welche einen ziemlich regelmäßigen Wechsel von Verdrückungen und Anschwellungen zeigt, wird in Nordfrankreich und Belgien, wo sie vielfach beobachtet ist, als „Rosenkranz-Lagerung“ bezeichnet. Verschwindet eine Lagerstätte vollständig, ohne daß eine Verwerfung vorliegt, so sagt man: „sie keilt sich aus“; vielfach leitet aber in solchen Fällen noch ein Lettenbesteg zu der Fortsetzung der Lagerstätte hinüber. Im Saarbezirk ist verschiedentlich das Auftreten von Tonkeilen, sog. „Mauern“, in den Flözen beobachtet worden (Fig. 58). Ähnliche Erscheinungen wie in den Lagerstätten selbst können in den sie trennenden Zwischenmitteln auftreten. Dadurch können dann benachbarte Lagerstätten, welche in einer Gegend durch ein starkes Zwischenmittel getrennt sind, an anderen Stellen nahe zusammenliegen oder auch eine einzige Lagerstätte von entsprechend großer Mächtigkeit bilden, in der das bis auf wenige Zenti-



Fig. 57. Die „grande masse“ von Ricamaric bei St. Etienne. Nach Burat.



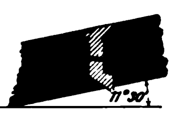


Fig. 58. „Mauern“ in Kohlenflözen. Nach Prietze.

meter zusammengeschrumpfte Gesteinsmittel nur noch als dünnes „Bergmittel“ auftritt. Diese Erscheinung ist, wie in ausländischen Steinkohlenbergbaubezirken, im Ruhr- und besonders im Saarreviere an der Tagesordnung; in großem Maßstabe, nämlich bei ganzen Schichtenfolgen und auf große Erstreckungen hin, tritt sie in der Saarbrücker Fett- und Flammkohlengruppe und in Oberschlesien auf (vergl. die unten folgende Beschreibung dieser Steinkohlenbecken).

Die Entstehung dieser Unregelmäßigkeiten ist teils auf besondere örtliche Verhältnisse bei der Bildung der Lagerstätten, teils auf spätere Druck- (Stauchungs-) Erscheinungen zurückzuführen.

53. — Wechsel in der Mineralführung. Ebenso wie die Mächtigkeit kann auch die Mineralführung der Flöze und Lager unregelmäßig sein. Kohlenflöze können stellenweise „versteinen", flözartige Erzlagerstätten „vertauben". Die letztere Erscheinung liegt in großem Maßstabe beim Mansfelder Kupferschieferflöz vor, welches man bei den Bohrungen im Westen und Nordwesten des Ruhrkohlenbezirks erzleer wiedergefunden hat. Ausnahmsweise kann auch infolge von Durchbrüchen glutflüssiger

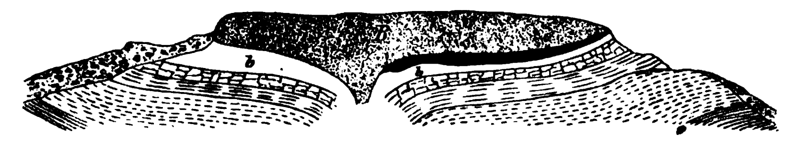


Fig. 59. Braunkohlenvorkommen am Hohen Meißner bei Kassel. *b* Tertiär mit Braunkohle, *B* Basalt.

Massen aus dem Erdinnern eine örtliche Verkokung der Kohle stattgefunden haben, wofür ein von einer Basaltdecke überlagertes Braunkohlenflöz des Hohen Meißner bei Kassel (Fig. 59) ein bemerkenswertes Beispiel bietet, welches bis auf 2—5 m Entfernung vom Basalt in eine mehr oder weniger koksähnliche Masse umgewandelt ist. Auch im Saarbezirk sind derartige Erscheinungen an den Berührungstellen zwischen Kohle und Melaphyr beobachtet worden.

54. — Unregelmäßigkeiten in Erzgängen. Bei Erzgängen sind hier besonders die Gangablenkungen zu erwähnen, welche (Fig. 60) dadurch entstanden sind, daß im Zuge der aufreißenden Gangspalte *G* eine ältere Gangspalte oder eine Schichtfuge oder dergl. übersprungen werden mußte und infolge des hier sich bietenden geringeren Widerstandes der neue Riß auf eine mehr oder weniger große Erstreckung *A* der alten Kluft *K* folgte, ehe er in der bisherigen Richtung weiter ging.

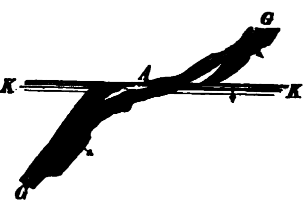


Fig. 60. Gangablenkung.

Auf die übrigen Unregelmäßigkeiten im Verhalten der Gänge wurde im allgemeinen bereits oben (S. 38) hingewiesen; im einzelnen ist noch folgendes hervorzuheben: Die Mächtigkeit eines und desselben Ganges ist je nach dem Nebengestein verschieden; in festem Gebirge, wie z. B. Quarzit, reißen einfache Spalten auf, die lange offen bleiben und sich mit reichen Mineralabsätzen füllen können; in mildem Nebengestein, z. B. Schiefer, „zerschlägt" sich der Gang, d. h. er bildet ein Netz von Gangspalten, die sich bald wieder zudrücken und keinen Raum für reichhaltige Absätze bieten. Auch die Mineralführung und deren Erzgehalt stehen oft in deutlicher Abhängigkeit vom Nebengestein. Die erzreichen Mittel eines Ganges bilden vielfach säulen- oder linsenförmige Partien, sog. „Erzfälle", in der Gangmasse. Besonders reich sind in der Regel die Kreuzungstellen zweier Gänge.

Besonderer Teil.

A. Die Steinkohle und ihre Lagerstätten.

a) Entstehung der Steinkohle und der Steinkohlenflöze.

55. — Entstehung der Steinkohle. Obgleich die Vorgänge, die zur Entstehung der Steinkohlenablagerungen geführt haben, im einzelnen noch in manchen Punkten streitig sind, ist man doch wenigstens darüber völlig einig, daß die Steinkohle nur aus Pflanzenteilen gebildet sein kann. Diese Ansicht gründet sich nicht nur auf die zahllosen Stamm- und Blattabdrücke, welche im Nebengestein sowohl wie in der Kohle selbst überall gefunden werden, sondern auch auf die Beschaffenheit der Kohle und auf die Beziehungen der Steinkohlen- zu Braunkohlen- und Torflagerstätten; sie wird durch den heute noch massenhaft zu beobachtenden Übergang von Pflanzenstoffen in mehr oder weniger kohlige Bestandteile vollauf bekräftigt.

Die Zersetzung abgestorbener Pflanzenteile kann durch Verwesung oder Verkohlung erfolgen. Während durch den Verwesungsvorgang, in welchem Wasser und Luftsauerstoff vereint zur Geltung kommen, eine fast vollständige Umwandlung der Pflanzenstoffe in Gase und Wasser eintritt, so daß keine nennenswerten Reste für spätere Zeiten erhalten bleiben können, ist die Verkohlung durch Zersetzung unter Luftabschluß gekennzeichnet, indem die abgestorbenen Pflanzenteile teils durch Wasser, teils durch frisch nachwachsende Pflanzen bedeckt und so der Einwirkung des Sauerstoffs entzogen werden. Vorbedingung für das Zustandekommen dieses Vorgangs ist morastiges Gelände. Daher tritt derselbe in unseren deutschen Waldungen meist nur in geringem Maße ein; hier fallen die oberen Laubschichten großenteils der vollständigen Zersetzung anheim, nur in den tieferen Lagen findet eine teilweise Gärung statt, die zur Bildung der schwarzen, kohlenstoffreichen, sog. „Humuserde" führt, deren Bestandteile aber durch Regengüsse großenteils wieder weggeführt werden. Dagegen haben wir in unseren Torfmooren, deren morastiger Untergrund ausreichende Gelegenheit zur Zersetzung unter Luftabschluß bietet, noch heute die ersten Anfänge der Steinkohlenbildung deutlich vor Augen.

Die im Untergrunde eines solchen Torfmoores vor sich gehende Gärung unter Luftabschluß hat als wichtigstes Ergebnis eine fortgesetzte Anreicherung an Kohlenstoff zur Folge. Mit der Fernhaltung des Luftsauerstoffs beschränken sich nämlich die noch möglichen chemischen Zersetzungsvorgänge auf diejenigen, welche mit den in der Pflanzenmasse selbst enthaltenen Elementen (hauptsächlich Sauerstoff und Wasserstoff) bestritten werden können, indem diese sich einerseits unter sich und anderseits mit dem Pflanzenkohlenstoff verbinden können. Dadurch entsteht zunächst Wasser (H_2O), später im wesentlichen Kohlensäure (CO_2), zuletzt, nach dem Verbrauch der Hauptmenge des Sauerstoffs, bilden sich die Kohlenwasserstoffverbindungen, unter denen das leichte Kohlenwasserstoffgas oder Methan (CH_4, wegen seiner Bildung in Mooren auch Sumpfgas genannt) die wichtigste ist. Die in den Pflanzen enthaltenen mineralischen Bestandteile nehmen an der Umsetzung nicht

teil, bleiben also in dem Kohlenstoff zurück und bilden später die Asche der mineralischen Brennstoffe.

Die zurückbleibenden Pflanzenteile, deren zunehmender Kohlenstoffgehalt an der dunkleren Färbung erkennbar wird, bilden sich so allmählich zu Torf um, der in trockenem Zustande bereits ca. 60 % Kohlenstoff enthält.

56. — Bildung von einzelnen Kohlenflözen. Durch fortgesetztes Nachwachsen neuer Pflanzen verdickt sich nun diese Torfschicht fortwährend; Meereseinbrüche oder Flußhochfluten können sie dann unter einer Sand-, Kies- oder Schlammschicht begraben, welche wiederum den Boden für ein neues Torfmoor abgeben kann, während die Zersetzung der alten Torfschicht und ihre Anreicherung mit Kohlenstoff verlangsamt und mit immer mehr vorwiegender Methanentwickelung fortschreitet. Auf diese Weise können sich verschiedene Kohlenstofflager bilden, die durch mehr oder weniger mächtige Gesteinsmittel getrennt sind, und zwar ist die nächste Stufe der Entwickelung die Entstehung der Braunkohle, eines lockeren, braunen Minerals von etwa 70 % Kohlenstoffgehalt in trockenem Zustande, vielfach mit noch deutlich erkennbaren Pflanzenteilen, meist mächtige Flöze oder Lager mit Sand-, Kies- oder Tonüberlagerung bildend. Je älter aber eine solche Ablagerung wurde und je mehr Deckgebirge sich darüber lagerte, um so weiter mußte die Umsetzung fortschreiten und um so mehr mußte, teils wegen des fortwährenden Stoffverlustes durch Entgasung, teils wegen der stärkeren Zusammenpressung, die Flözmächtigkeit abnehmen. Unsere Steinkohlenflöze können wir als solche weiter mit Kohlenstoff angereicherte und zusammengepreßte Braunkohlenflöze ansehen; sie führen dementsprechend Kohle von 75—98 % Kohlenstoffgehalt und ziemlich großer Festigkeit.

Da die Kohlensäurebildung derjenigen von Methan vorausgeht, so spielt die Kohlensäure in den Gasausströmungen der (jüngeren) Braunkohlenflöze eine größere Rolle als in denjenigen der (älteren) Steinkohlenlagerstätten. Außerdem folgt aus dem vorstehend geschilderten Entwickelungsgang, daß im allgemeinen der Gasgehalt der Steinkohlenflöze um so geringer ist, je älter sie sind; jedoch ist der Gasgehalt noch von anderen Umständen abhängig und also überhaupt um so geringer, je mehr Gelegenheit die Kohle zur Entgasung gehabt hat (s. d. Kapitel „Grubenbewetterung“).

57. — Pflanzenwelt der Steinkohle. Der vorstehend geschilderte Werdegang der Steinkohle ist nun lediglich eine von verschiedenen Entstehungsmöglichkeiten; die Verhältnisse unserer Torfmoore sind hier nur als ein unserer Anschauung nahe stehendes Beispiel herangezogen worden. Die Steinkohlen, mit denen wir es zu tun haben, sind, wie aus den in ihrer Begleitung gefundenen Pflanzen- und Tierresten gefolgert werden muß, nicht aus den in nördlichen Torfmooren heimischen Pflanzen, sondern aus mächtigen, üppig wachsenden Waldungen in Sumpfgegenden mit tropischen Klimaverhältnissen entstanden.

Die Pflanzenwelt, um welche es sich hier handelt, ist verhältnismäßig arm an Arten, so daß die damalige Landschaft uns heute als eine sehr eintönige erscheinen würde. Es treten fast ausschließlich 4 Pflanzen-

gattungen auf, nämlich die Farne (Filices, Fig. 61), die Schachtelhalme (Calamaria, Fig. 62) und die Bärlappgewächse, unter denen



Fig. 61. Alethopteris.

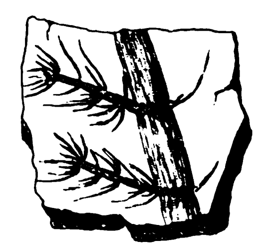


Fig. 62. Calamaria.

man wiederum die Schuppenbäume (Lepidodendron, Fig. 63) und die Siegelbäume (Sigillaria, Fig. 64) zu unterscheiden pflegt. Sämtliche

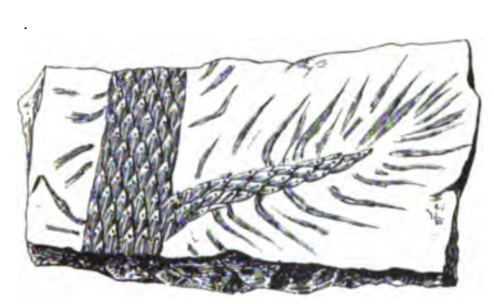


Fig. 63. Lepidodendron.



Fig. 64. Sigillaria.

Gattungen, deren Vertreter heute in unseren Breiten nur in Zwerggestalt auftreten, waren damals baumartig entwickelt.

b) Die wichtigsten deutschen Steinkohlenbezirke.[1])

Die Ruhr-Lippe-Steinkohlenablagerung.

58. — **Begrenzung.** Das rheinisch-westfälische Steinkohlenbecken, dessen althergebrachte Bezeichnung „Ruhrkohlenbezirk“ durch den Rückgang des Bergbaus an der Ruhr und seine machtvolle Entwickelung an der Emscher und nach der Lippe hin überholt und daher durch die obige Benennung ersetzt worden ist, erstreckt sich nach den gegenwärtig in Angriff genommenen Grubenfeldern über einen Flächenraum von rund 3000 qkm. Die größte streichende Erstreckung beträgt rund 90, die größte querschlägige rund 40 km. Die Begrenzungslinie dieses Bergbau-

---

[1]) Vergl. hierzu die Übersichtstabellen auf S. 49 und 50.

gebietes verläuft etwa (Fig. 65) über die Orte Sprockhövel, Hattingen, Werden, Mülheim, Ruhrort, Mörs, Alsum, Sterkrade, Dorsten, Sinsen,

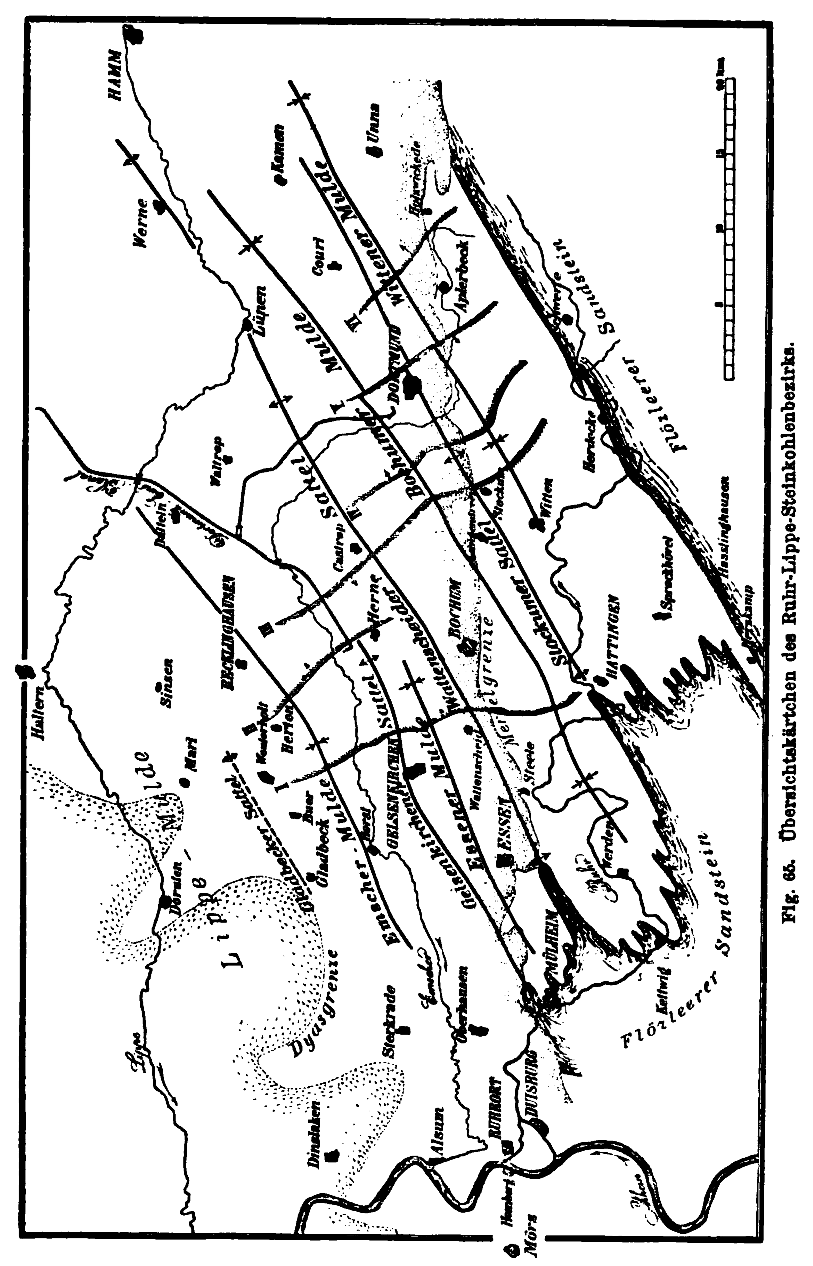


Fig. 65. Übersichtskärtchen des Ruhr-Lippe-Steinkohlenbezirks.

Waltrop, Werne, Hamm, Unna, Aplerbeck und Witten. Der kleinere südliche Teil liegt im Gebiet der Ruhrberge, während das größere nördliche

Altersverhältnisse und Leitschichten der wichtigsten deutschen Steinkohlenablagerungen.

Abteilung	Ruhrbezirk	Saarbrücken	Osnabrück	Aachen	Oberschlesien	Niederschlesien
Obere Abteilung.	—	Ottweiler Schichten. Obere: ***Hausbrand-Flöz.***	—	—	—	Radowenzer Schichten.[1]
	—	Ottweiler Schichten. Mittlere: ***Hirteler Flöze.***	—	—	—	
	—	Ottweiler Schichten. Untere: ***Schwalbacher Flöz.*** ***Wahlschieder Flöz.*** *(Hangender Flözzug.)*	Ibbenbüren und Piesberg.	—	—	Obere Schwadowitzer Schichten.[1] (Idastollner Flözzug.)
Mittlere Abteilung.	Obere Gasflammkohlenpartie	Saarbrücker Schichten. Obere: ***Leaia-Schicht.*** Flözarme Abteilung. ***Holzer Konglomerat.***	—	Hangende Flözgruppe der Wurm-Mulde.	Orzescher Schichten. Nikolaier Schichten.	Untere Schwadowitzer Schichten. (Schatzlarer Schichten oder Waldenburger Hangendzug.)
	Flöz Bismarck.	Saarbrücker Schichten. Mittlere: Hangende Flammkohlengruppe. ***Hangender Tonstein.*** Liegende Flammkohlengruppe. ***Liegender Tonstein.***	—			
	Untere Gasflammkohlenpartie. Gaskohlenpartie ***Flöz Catharina.***	Saarbrücker Schichten. Untere: Flözarmes Mittel. Fettkohlengruppe. ***Natzmer-Tonstein.*** (*Liegender Flözzug.*)	—		Rudaer Schichten.	
	Fettkohlenpartie ***Flöz Sonnenschein.***	Rotheller Flöze.		Liegende Flöze der Wurm- u. Binnenwerke d. Inde-Mulde.	***Flöz Veronika.***	
Untere Abteilung.	Obere Magerkohlenpartie ***Flöz Mausegatt.***	—	—	Außenwerke der Inde-Mulde.	Ostrauer Schichten. Sattelflöz-Schichten. ***Flöz Pochhammer.***	Waldenburger Schichten. (Waldenburger Liegendzug.)
	Untere Magerkohlenpartie ***Haupt-Flöz.***	—	—	***Flöz Traufe.***	Rybniker Schichten.	
	Flözleerer Sandstein.	—	—	Liegende Schichten *Wilhelmine-Flöze* der Inde-Mulde.		

[1]) Bis jetzt auf deutschem Gebiete nicht angetroffen.

Eigenschaften der Kohlen der wichtigsten deutschen Steinkohlenablagerungen. Nach Broockmann.

			Niederschlesien.										
	Oberschlesien.												
	Saarbrücken.							Aachen.					
				Ruhrbezirk.									
	Flammkohle.				Gaskohle.		Kokskohle.		Magerkohle.		Anthrazit.		
Zusammensetzung: C	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	97
Zusammensetzung: H	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	2	1
Zusammensetzung: O	21	19	17	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1
Wärme-Einheiten	6800	7100	7400	7600	7800	8000	8300	8500	8800	8700	8500	8400	8200
Verdampfung	8,0	8,4	8,7	9,0	9,2	9,4	9,8	10,0	10,4	10,2	10,0	9,9	9,6
Koks- Ausbeute	50	53	55	60	63	65	70	75	78	80	90	95	98
Koks- Beschaffenheit	Pulver oder gesintert	Pulver oder gesintert	Pulver oder gesintert	Gesintert	Gebacken	Gebacken	Gebacken	Gebacken	Gebacken	Gesintert	Pulver	Pulver	Pulver

Gebiet sich über das ebene oder flach wellige Gelände des Münsterlandes und der Soester Börde erstreckt.

Der Rheinstrom schneidet einen kleinen westlichen Zipfel ab, dessen Bedeutung jedoch in einigen Jahren wesentlich gewachsen sein wird. Der wichtigste Fluß des Bergbaugebiets ist die mitten hindurch fließende Emscher, deren geringes Gefälle im Mittel- und Unterlauf im Verein mit den unvermeidlichen Bodensenkungen große Übelstände herbeigeführt hat.

Geognostisch sind für den Ruhrkohlenbezirk von Wichtigkeit das Steinkohlengebirge selbst, das seine Unterlage bildende Devon und die als Deckgebirge zusammengefaßten jüngeren Gebirgsglieder.

1. Das Steinkohlengebirge (Karbon).

59. — Gliederung und Allgemeines. Die Flöze des Ruhrbezirks gehören dem sog. produktiven Karbon oder flözführenden Steinkohlengebirge an. Dieses bildet seinerseits wieder die Oberstufe der gesamten Karbon-Formation, wie deren nachstehende Gliederung (vergl. auch S. 11) zeigt:

Oberkarbon: Flözführendes Steinkohlengebirge,
Flözleerer Sandstein (Ruhrbezirk).
Unterkarbon: Kulm bezw. Kohlenkalk.

Das Unterkarbon wird im Ruhrbecken durch den (allerdings nur in geringer Ausdehnung nachgewiesenen) Kulm vertreten, eine versteinerungsarme Aufeinanderfolge von überwiegend Schiefer-, untergeordnet Sandstein- und Grauwackenschichten, und zwar Tiefseebildungen. Weiter nach Westen hin, im Aachener und belgisch-nordfranzösischen Steinkohlenbecken, tritt der Kohlenkalk, ein sehr versteinerungsreicher Kalkstein, an seine Stelle, der bei uns unter dem Namen „Marmor" oder „belgischer Granit" vielfach zu Waschtischplatten, Fensterbänken u. dergl. Verwendung findet.

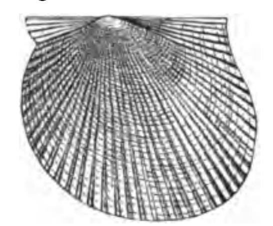
Der flözleere Sandstein, die Unterstufe des westfälischen Oberkarbons, führt seinen Namen nicht mit vollem Rechte, da er neben Sandsteinbänken auch zahlreiche Schichtlagen von Sand- und Grauwackenschiefer und Schieferton führt. Seine Mächtigkeit beläuft sich in der Gegend von Barmen auf rund 1000 m.

Die Abgrenzung des flözleeren Sandsteins nach unten (gegen den Kulm) sowohl wie nach oben (gegen das flözführende Steinkohlengebirge) ist, wie die meisten derartigen geologischen Grenzlinien, willkürlich und kann nur im großen und ganzen festgelegt werden.

Das flözführende Steinkohlengebirge setzt sich zusammen aus einer Schichtenfolge von Sandstein-, Sandschiefer-, Schieferton-, Tonschiefer- und Konglomerat-Bänken, welche zahlreiche bauwürdige und unbauwürdige Kohlenflöze bergen. Es ist noch nicht in seiner vollen Mächtigkeit bekannt geworden, da wegen seiner Einsenkung nach Norden hin (s. unten) in dieser Richtung bis jetzt immer hangendere Schichten erschlossen werden und noch zu erwarten sind.

Außer den mannigfachen Pflanzenabdrücken enthalten die Schichten des Nebengesteins auch eine Reihe von (allerdings nicht zahlreichen) Tierversteinerungen. Dieselben stellen Reste sowohl von Meeres- wie von

Süßwassertieren dar und beweisen damit, daß die Gesteinschichten teils im Meere, teils in Binnenseen und Flüssen abgelagert worden sind. Der wichtigste Vertreter der Meeresmuscheln ist Aviculopecten papyraceus



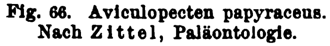


Fig. 66. Aviculopecten papyraceus. Nach Zittel, Paläontologie.



Fig. 67. Anthracosia carbonaria. Nach Haas, Leitfossilien.

(Fig. 66), während unter den Süßwassermuscheln die Gattung Anthracosia (Fig. 67) am häufigsten auftritt.

60. — Flözgruppen. Entsprechend dem oben geschilderten Werdegang der Steinkohle lassen sich auch im Ruhrkohlenbecken nach dem Alter und dem danach sich abstufenden Gasgehalt der Kohle verschiedene Abteilungen innerhalb des produktiven Karbons unterscheiden, über welche die nebenstehende, in der Reihenfolge vom Hangenden zum Liegenden aufgestellte Übersichtstafel näheren Aufschluß gibt.

Zu dieser Übersicht ist Folgendes zu bemerken:

Die hangendsten Schichten der Gasflammkohlengruppe sind gleichzeitig die hangendsten Schichten des westfälischen Steinkohlengebirges überhaupt und daher aus dem vorhin angeführten Grunde noch nicht bekannt. Die für die Mächtigkeit angegebene Zahl bezieht sich also lediglich auf den bisher aufgeschlossenen Teil.

In die mit 300 m angegebene Mächtigkeit der Gaskohlenpartie ist das 150—200 m mächtige flözarme Zwischenmittel über Flöz Catharina mit eingeschlossen, welches nur die meist unbauwürdigen Flöze Laura und Viktoria führt. Die eigentlichen Gaskohlenflöze sind die sog. „Zollvereiner Flöze“, welche sich auf eine wesentlich geringere Gesteinsmächtigkeit verteilen.

Von der Fettkohlenpartie wurde früher der liegende Teil unter der Bezeichnung „Eßkohlenpartie“ abgetrennt, jedoch ist diese Unterscheidung jetzt fallen gelassen worden.

Die Kohlen der liegendsten Flöze der Magerkohlenpartie werden vielfach als „Anthrazit“ bezeichnet.

Leitflöze sind solche Flöze, deren Mächtigkeit, Kohlenbeschaffenheit und Nebengestein sich auf große Erstreckungen wenig ändern und die daher überall wiedergefunden werden können. Die Flöze Hauptflöz, Sonnenschein und Catharina sind gleichzeitig die liegendsten der durch sie gekennzeichneten Gruppen. Neben den hier genannten 5 Haupt-Leitflözen wird noch eine Reihe weiterer Leitflöze unterschieden. Außer den Leitflözen dienen auch auffällige Gesteinsbänke, wie Konglomerat- und feste Sandsteinschichten, sowie versteinerungreiche Schichten zur Vergleichung (Identifizierung) der auf verschiedenen Gruben aufgeschlossenen Flözgruppen. In dieser Hinsicht ist vor allem die Aviculopecten-Schicht im Hangenden des Flözes Catharina zu nennen.

Übersicht über die verschiedenen Flözgruppen des Ruhrbezirks.

Der Flözpartie					Der Kohle					
Name	Leitflöz	durchschn. Mächtigkeit m	Nebengestein	Flözreichtum %	äußere Beschaffenheit	Kohlenstoffgehalt %	Verkokungsergebnis: Ausbringen %	Verkokungsergebnis: Beschaffenheit des Koks	Verbrennungsergebnis: Flamme	Verbrennungsergebnis: Wärmeeinheiten (theoret.)
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Gasflammkohlenpartie	Bismarck	1000	hangende Schichten Sandstein und Konglomerat, liegende Tonschiefer	3,5—4,5	hart, stengelig oder würfelig, glattflächig, mattglänzend	78—80	55—62	gesintert	lang, stark rußend	7400—7700
Gaskohlenpartie	Catharina	300	vorwiegend Tonschiefer und Schieferton	2,5—3,5		83—85	62—67	schwach gebacken, weich, schwarz	lang, stark rußend	7700—8100
Fettkohlenpartie	Sonnenschein	600	hangende Schichten vorwiegend Tonschiefer, liegende Sandst. und Sandschiefer	4—5	mäßig fest, erdiger Bruch, glänzend	85—90	67—78	gut gebacken, fest, silberglänzend	mäßig lang, rußend	8100—8800
Magerkohlenpartie	Mausegatt und Hauptflöz	1100	vorwiegend Sandstein, Sandschiefer und Konglomerat	0,6—0,9	fest, mattglänzend, erdiger Bruch	90—98	78—98	gesintert bis pulverförmig	kurz, klar	8800—9200

Unter „Flözreichtum“ ist das Verhältnis der Kohlenmächtigkeit der abbauwürdigen Flöze zur Mächtigkeit der Nebengesteinschichten zu verstehen. Am reichsten ausgestattet ist die Gaskohlenpartie im engeren Sinne (Flöze Zollverein I—VIII), in welcher der Prozentsatz etwa 8 beträgt.

Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit der sonst so verschiedenen Gasflamm- und Magerkohlen hinsichtlich ihres Koksrückstandes; auch in der Beschaffenheit des Nebengesteins nähern sich diese beiden Flözgruppen einander.

Die Unterschiede in der Flammen- und Rußentwickelung erklären sich durch den verschiedenen Gasgehalt, da nur Gase mit Flammenbildung verbrennen und dabei um so mehr Ruß liefern, je stärker die Gasentwickelung im Verhältnis zur erzeugten Hitze und zur Sauerstoffzufuhr ist.

Die in den Spalten 3., 5., 7., 8. und 11. angegebenen Zahlen sind nur als Durchschnittzahlen zu verstehen. Im einzelnen können mannigfache Abweichungen vorkommen; überhaupt sind die Grenzen zwischen den einzelnen Flözgruppen nicht scharf, da die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Kohle sich von Flöz zu Flöz nur allmählich ändert.

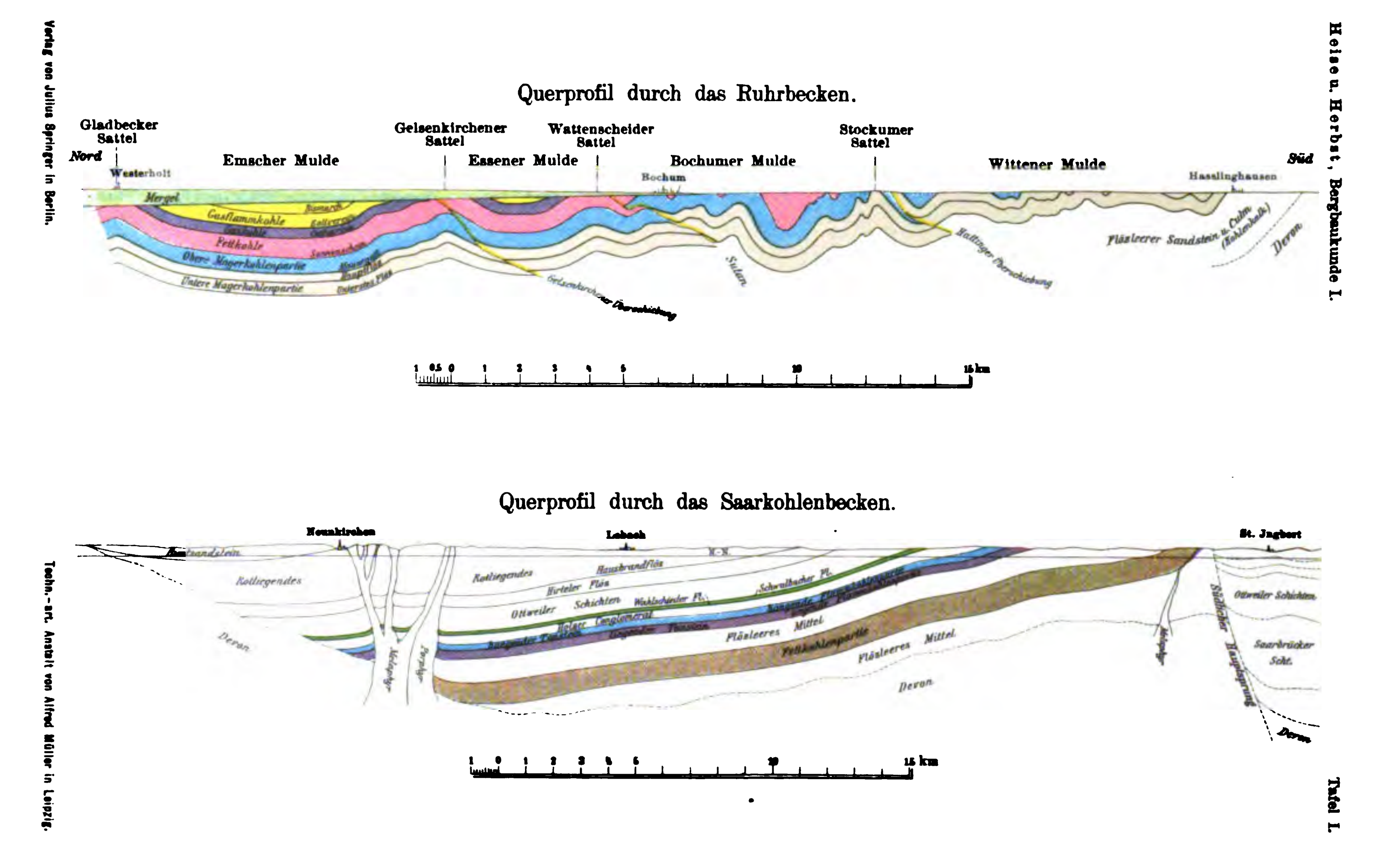
Die ganze, rund 3000 m mächtige Schichtenfolge des Ruhrkohlengebirges enthält eine gewinnbare Kohlenmächtigkeit von rund 80 m in annähernd ebensovielen bauwürdigen Flözen.

61. — Lagerungsverhältnisse. Hinsichtlich der Faltungserscheinungen nimmt das Ruhrkohlenbecken, mit anderen Steinkohlenbezirken verglichen, eine Mittelstellung ein; die Faltung ist wesentlich stärker als z. B. im oberschlesischen und in der Mehrzahl der englischen und amerikanischen Steinkohlenbecken, dagegen bei weitem nicht so kräftig wie im belgisch-nordfranzösischen Kohlenbezirk.

Eine sofort ins Auge fallende Erscheinung ist die Verschiedenartigkeit der Faltung im Süden und Norden des ganzen Gebietes. Während der südliche Teil sehr zahlreiche und spitze Sättel und Mulden aufweist, zeichnet sich der Norden durch eine geringe Zahl breiter und flacher Falten aus (vergl. das Querprofil Tafel I). Das Durchschnittseinfallen der Flöze flacht sich daher nach Norden hin ab. Diese Erscheinung erklärt sich offenbar daraus, daß der die Faltung bewirkende Druck von Süden her gekommen ist.

Trotz des auf den ersten Blick als regellos erscheinenden Faltengewirres und des unregelmäßigen streichenden Verlaufs der einzelnen Falten ist es doch möglich gewesen, die folgenden Hauptmulden- und -Sattelzüge zu unterscheiden (vergl. das Querprofil auf Tafel I und den Grundriß in Fig. 65):

1. Die Wittener Mulde.
1 a. Der Stockumer Sattel.
2. Die Bochumer Mulde.
2 a. Der Wattenscheider Sattel.
3. Die Essener Mulde.
3 a. Der Gelsenkirchener Sattel.
4. Die Emscher-Mulde.
4 a. Der Gladbecker Sattel.
5. Die Lippe-Mulde.



Verlag von Julius Springer in Berlin.
Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.



Es liegt in der Natur der Sache, daß hier unter „Mulden" und „Sätteln" keine einheitlichen Falten, sondern nur Zusammenfassungen einer Reihe benachbarter Falten zu verstehen sind.

Die Lippe-Mulde tritt eben erst in den Bereich des Bergbaus ein, sie ist noch fast ausschließlich nur durch Bohrlöcher aufgeschlossen.

Entsprechend dem oben Gesagten sind die nördlichen Mulden, die Essener und noch mehr die Emscher-Mulde, im Gegensatz zu den südlichen flache und breite Becken.

Eine nur in einem kleinen Teil der streichenden Länge auftretende und daher den Hauptmulden nicht gleichzustellende Mulde ist die Herzkämper Mulde, welche dem westlichen Teil der Wittener Mulde nach Süden hin vorgelagert ist; auf ihr bauen die zwischen Hattingen und Herzkamp gelegenen Gruben.

Bezeichnend ist für den Ruhrkohlenbezirk die Einsenkung des ganzen Steinkohlengebirges nach Norden hin, welche auf dem Querprofil Tafel I deutlich zu erkennen ist; z. B. liegt das Muldentiefste des Flözes Mausegatt in der Wittener Mulde nur etwa 250 m, in der Bochumer Mulde dagegen schon ca. 1300 m, in der Essener Mulde rund 1900 m und in der Emscher-Mulde gegen 2300 m unter Normal-Null. Dieses Verhalten hat die wichtige Folge, daß nach Norden hin bis jetzt immer hangendere Flöze aufgetreten sind, so daß die südlichsten Ruhrkohlenzechen (querschlägig gemessen) nur Magerkohlenflöze, die nördlichsten fast ausschließlich Gas- und Gasflammkohlenflöze bauen; außerdem werden die Grubenfelder nach Norden hin im allgemeinen flözreicher, wenngleich gleichzeitig ein immer größerer Teil der liegenden Flöze unter die nach untenhin dem Bergbau ein Ziel setzende Teufe hinabsetzt und sich dadurch der Gewinnung entzieht.

Trotz der zahlreichen Falten ist eine einheitliche Streichrichtung, das sog. „Generalstreichen", deutlich zu erkennen; sie ist diejenige des gesamten rheinisch-westfälischen Schiefergebirges und verläuft ungefähr von WSW. nach ONO. (h. 4).

62. — Verwerfungen. Das Ruhrkohlengebirge ist von verschiedenen großen und vielen kleinen Überschiebungen und Sprüngen zerrissen. Hier seien als die wichtigsten Störungen folgende erwähnt:[1])

1. Sprünge (von Westen nach Osten).

I. Die Zentrumer Hauptstörung. Sie ist in der größten streichenden Erstreckung aufgeschlossen, nämlich auf etwa 19 km Länge von Zeche Dahlhauser Tiefbau bis in das Grubenfeld von „Graf Bismarck" hinein. Ihre Seigerverwurfshöhe schwankt zwischen 100 und 500 m, ihr Einfallen ist östlich.

II. Die Constantiner Verwerfung, welche sich aus der Gegend südlich von Herne bis in das Gebiet nördlich von Herten erstreckt, die Schichten stellenweise bis zu 750 m seiger verworfen hat und gleichfalls östlich einfällt.

[1]) Von einer Darstellung der Überschiebungen auf dem Kärtchen (Fig. 65) ist wegen ihres teilweise verwickelten und sich auf geringe Teufen schnell ändernden Verlaufs abgesehen worden. Die Sprünge sind auf der Zeichnung durch die römischen Ziffern des Textes gekennzeichnet.

III. Die Blumenthaler Hauptverwerfung, mit westlichem Einfallen von Marten über Castrop nach Recklinghausen verlaufend, mit stellenweise 800—900 m Seigerverwurf.

IV. Die Hauptstörung Glückauf-Tiefbau—Carlsglück, von Wellinghofen über Dorstfeld nach Rauxel sich erstreckend, verwirft bei östlichem Einfallen die Schichten in ihrem Hangenden um 150—200 m.

V. Die Bickefelder Hauptstörung. Sie setzt etwas östlich von Dortmund durch; westlich von ihr sind die Gebirgschichten 600—800 m, seiger gemessen, abgesunken.

2. Überschiebungen (von Süden nach Norden, vergl. Tafel I).

I. Die Hattinger (Satanella-) Überschiebung, welche den Südflügel des Stockumer Sattels begleitet und stellenweise eine flache Verwurfshöhe von 2000 m hat.

II. Die Bochumer Überschiebung, auf dem Südflügel der Bochumer Hauptmulde verlaufend (mit nördlichem Einfallen).

III. Der Sutan, die bekannteste und in der größten streichenden Erstreckung (von Kettwig bis Werne a. d. Lippe, d. h. auf rund 60 km) aufgeschlossene Überschiebung; er begleitet den Südflügel des Wattenscheider Sattels und verwirft die Schichten stellenweise um 1000 bis 1200 m, flach gemessen. Am Sutan hat Cremer zuerst die Faltung von Überschiebungen nachgewiesen (Fig. 34, S. 29).

IV. Die Überschiebung von Zeche Helene-Amalie auf dem Südflügel des Gelsenkirchener Sattels mit 900—1000 m flacher Verwurfshöhe.

In den weitaus meisten Fällen sind die Sprünge jünger als die Faltung und daher auch jünger als die Überschiebungen.

3. Verschiebungen. Von diesen seien erwähnt: die Verschiebung von Zeche Schleswig (Hörder Kohlenwerk) und diejenige von Massen-Courl. Die erstere (in Fig. 65 mit VI bezeichnet) hat einen Seitenschub von 200—300 m, die letztere einen solchen von 400—500 m herbeigeführt.

2. Die Unterlage des Steinkohlengebirges.

63. — Das Devon. Das Liegende des Karbons wird durch das Devon gebildet. Seine Schichten setzen zum weitaus größten Teile das rheinisch-westfälische Schiefergebirge zusammen; insbesondere bilden sie im Sauer- und Siegerlande überall das unter der Ackerkrume anstehende Gestein. Naturgemäß hat das Devon die Faltung des Karbons mitgemacht, und zwar, weil südlich gelegen, in wesentlich höherem Maße. Es wird von dem Karbon konkordant überlagert.

Dem Devon gehören u. a. an: die Zinklagerstätten und Kalksteinbrüche von Schwelm und Iserlohn, die meisten Eisenerzlagerstätten des Siegerlandes und Nassaus, die Blei-, Kupfer- und Zinkerzgänge im Nassauischen, die Dachschieferlager am Mittelrhein.

3. Das Deckgebirge.

64. — Allgemeines. Das weitaus wichtigste und am längsten bekannte Schichtenglied des Deckgebirges ist die obere Kreide, dem westfälischen Bergmann unter dem Namen „Kreidemergel“ bekannt. Die obere Kreide ist in der Stufenfolge der geologischen Formationen (S. 11) erheb-

lich jünger als das Steinkohlengebirge, so daß zwischen beiden Schichtenfolgen eine ganze Reihe von Schichten fehlen. Von den Zwischenschichten ist jedoch in den letzten Jahren ein Teil im Norden und Nordwesten des Bezirks aufgefunden worden. — Außerdem kommen noch jüngere Schichten über der Kreide in Betracht, welche namentlich in der Rheingegend große Mächtigkeit und Bedeutung erlangen. Im Westen des Ruhrkohlenbeckens, am Niederrhein, ist nämlich nach Verlauf einer längeren Zeit seit Ablagerung der Kreideschichten, in der Tertiärzeit, das Meer wieder vorgedrungen und hat in der bis Remagen hin sich erstreckenden „Kölner Bucht" mächtige, lockere Schichten von Kies, Sand, Ton, Fließsand u. dgl. abgelagert, in die wiederum der Rhein sein Bett eingeschnitten hat. Dabei sind die früher gebildeten Schichten des Zechsteins, des Buntsandsteins und der Kreide großenteils wieder zerstört worden, so daß wir an vielen Stellen unmittelbar über dem Steinkohlengebirge oder über dem Zechstein das Tertiär antreffen. Das Hauptgebiet der tertiären Ablagerungen ist die linke Rheinseite.

65. — **Lagerungsverhältnisse.** Die Lagerungsverhältnisse des Deckgebirges zeichnen sich durch verschiedene wichtige Eigentümlichkeiten aus. Zunächst stehen sie zu denen des Karbons im schärfsten Gegensatz. Von der Faltung des Karbons finden wir in ihnen keine Spur, ebensowenig von den mit der Faltung zusammenhängenden Überschiebungen; und von den Querverwerfungen scheinen nur einzelne auf das Deckgebirge eine geringe Einwirkung ausgeübt zu haben. Wir müssen daraus schließen, daß die Ablagerung der Deckgebirgschichten zu einer Zeit vor sich gegangen ist, in der das Steinkohlengebirge bereits fast vollständig seine heute beobachtete Lagerung angenommen hatte, und daß die gewaltigen, nach der Bildung der Kohlenflöze vorgegangenen Umwälzungen im Gebirgskörper höchstens in ihren letzten Spuren noch das Deckgebirge betroffen haben. Dementsprechend fallen die Deckgebirgschichten durch ihre sehr flache Lagerung auf. Während also das Steinkohlengebirge vollkommen konkordant auf dem Devon liegt, wird es seinerseits von den Schichten des Deckgebirges diskordant überlagert.

Weiterhin ist die durchweg ebene Oberfläche des Steinkohlengebirges unter den jüngeren Schichten bemerkenswert. Sie läßt sich am einfachsten durch die Annahme erklären, daß das während der Kreidezeit an den Küsten des Karbongebirges brandende Meer bei gleichzeitiger langsamer Senkung des Festlandes immer weiter landeinwärts vorgedrungen ist und auf den durch seine zerstörende Tätigkeit („Abrasion") glattgehobelten Schichtenköpfen des Karbons seine eigenen Sedimente abgelagert hat.

Eine fernere Eigentümlichkeit ist das starke südliche Vordringen der oberen Kreide über die Grenzen der nächst älteren Schichten hinaus, welche Erscheinung als „Transgression" bezeichnet wird und die unmittelbare Nachbarschaft des Karbons und der soviel jüngeren oberen Kreide zur Folge gehabt hat, wogegen die Zwischenstufen erst viel weiter nördlich auftreten.

Außerdem ist das Streichen des in erster Linie in Betracht kommenden Kreidemergels zum Unterschied von dem WSW.—ONO.-

Streichen der Karbonschichten nahezu westöstlich. Dieser Unterschied der Streichrichtungen hat zur Folge, daß im Osten des Bezirks die sämtlichen Hauptmulden des produktiven Steinkohlengebirges von Mergel überlagert sind, während im Westen die Kreidedecke erst im Gebiet der Emscher-Mulde beginnt.

66. — **Die Schichten zwischen Karbon und Kreide.** Hierher gehören im wesentlichen das Rotliegende, der Zechstein und der Buntsandstein. Die Schichten der ersteren Formation sind bisher im westfälischen Steinkohlengebiet nur ganz untergeordnet, in der Nähe von Lünen, in geringer Mächtigkeit angetroffen worden; sie haben ihren Namen von der roten Färbung ihrer Gesteine erhalten. Bedeutend wichtiger ist der vorwiegend aus dunklen, kalkigen Schiefern, Kalk- und Dolomitbänken und Gipsstöcken sich zusammensetzende Zechstein, dessen südliche Grenze auf dem Kärtchen in Fig. 65 ersichtlich ist. Er führt in der Mansfelder Gegend das altberühmte Kupferschieferflöz, welches, wie bereits oben (S. 44) erwähnt, auch im Westen, jedoch ohne den Kupfergehalt, wiedergefunden ist. Außerdem treten in Nord- und Mitteldeutschland an der Grenze zwischen dem Zechstein und dem darüber folgenden Buntsandstein große Steinsalz- und vor allem die berühmten deutschen Kalisalzlagerstätten auf, welche ebenfalls im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk an einzelnen Stellen, und zwar sowohl links- als rechtsrheinisch, durch Bohrungen aufgeschlossen sind. Der Buntsandstein hat seinen Namen von den rötlichen, meist lockeren Sandsteinen, Konglomeraten, Letten- und Tonschichten, aus denen er sich zusammensetzt; er ist wie der Zechstein bereits durch verschiedene Schächte (z. B. Gladbeck) aufgeschlossen.

Die zwischen Buntsandstein und oberer Kreide folgenden Schichten sind bisher über dem für den Bergbau in Betracht kommenden Teile des rheinisch-westfälischen Karbons nicht angetroffen worden.

67. — **Die Kreideschichten.** Die vom Ruhrkohlenbergmann als Kreidemergel bezeichnete Schichtenfolge entspricht ihrem Alter nach der „oberen Kreide“ (vergl. S. 11) der Geologen. Das Ausgehende des Kreidemergels verläuft (Fig. 65) nach einer Linie, welche etwa durch die Städte Duisburg, Mülheim, Bochum, Dortmund und Unna bezeichnet wird. Von dieser Linie an zeigt sich nach Norden hin eine auf die obenerwähnte „Abrasion“ zurückzuführende außerordentlich gleichmäßige Einsenkung der Karbonoberfläche und dementsprechend bei nahezu horizontaler Erdoberfläche eine sehr gleichmäßige Zunahme der Mächtigkeit des Mergels, welche im Osten des Gebietes etwa 40 m, im Westen etwa 30 m auf 1 km beträgt, entsprechend einer Neigung der Karbonoberfläche von $1^1/_2$—$2^1/_2{}^0$. Nach Westen hin werden jedoch diese Lagerungsverhältnisse unregelmäßiger: die Mächtigkeit der Kreideschichten nimmt ab, und in der Rheingegend sind die Kreideschichten vollständig verschwunden, so daß hier das Tertiär unmittelbar auf das Karbon folgt.

Die obere Kreide setzt sich ihrerseits wieder (vom Liegenden zum Hangenden) aus folgenden Schichten zusammen:

1. Essener Grünsand. Er entspricht im wesentlichen der Altersstufe, die geologisch als „Cenoman“, von den belgischen Bergleuten als „Tourtia“ bezeichnet wird, und hat seinen Namen von seiner durch zahl-

reiche Körner des Minerals Glaukonit bedingten grünen Farbe und seinem starken Gehalt an Quarzkörnern, sowie nach der Stadt Essen, in deren Nähe er zuerst aufgeschlossen worden ist. Bemerkenswert sind die zwischen ihm und der Karbonoberfläche auftretenden deutlichen Spuren alter Brandungstätigkeit: abgerollte Bruchstücke des Steinkohlengebirges, stellenweise zu Konglomerat verkittet, an anderen Stellen durch starken Eisengehalt auffallend und so Brauneisenstein- (Bohnerz-) Lager bildend, vielfach durch die Tätigkeit von Bohrmuscheln mit zahlreichen Löchern bedeckt. Die Mächtigkeit des Essener Grünsandes schwankt zwischen wenigen Metern und 20—30 m. Er wird im Westen, wo er in milder Beschaffenheit auftritt, als wassertragende Schicht angesehen; weiter im Osten verliert er diese wertvolle Eigenschaft, indem er fest und klüftig wird.

2. Weißer Mergel (im wesentlichen das „Turon" der Geologen), bestehend aus hellen, festen Gesteinen mit deutlicher Schichtung, die stark zerklüftet und daher vom westfälischen Bergmann als Wasserzubringer gefürchtet sind. Auch die Solquellen von Salzkotten, Werl, Königsborn, Rothenfelde usw. entspringen aus dem weißen Mergel. Im Westen treten in dieser Stufe noch zwei als „oberer Grünsand" bezeichnete Bänke auf, die nach Osten hin undeutlich werden. Die Mächtigkeit des weißen Mergels beträgt meist etwa 100—150 m.

3. Emscher-Mergel, vielfach auch kurz als „Emscher" bezeichnet, eine zum weißen Mergel in scharfem Gegensatz stehende Gesteinsfolge, die sich durch große Mächtigkeit (350—700 m) und graue Färbung auszeichnet. Die Gesteine des Emscher-Mergels erinnern vielfach an helle Tonschiefer der Gaskohlenpartie und sind infolge ihrer milden, zähen, dichten Beschaffenheit nicht nur selbst meist wasserfrei, sondern können auch als wassertragende Schicht für die in ihrem Hangenden zusitzenden Gebirgswasser angesehen werden, weshalb der „Emscher" vom Bergmann, im Gegensatz zum weißen Mergel, gern gesehen wird. Man neigt jetzt dazu, den „Emscher" als ein selbständiges Schichtenglied zwischen Turon und Senon aufzufassen.

4. Recklinghauser Sandmergel. Diese etwa 50—100 m mächtigen Schichten bilden den unteren Teil der geologisch als „Senon" bezeichneten Schichtenfolge. Sie setzen sich aus einer Wechsellagerung von Sanden, lockeren Sandsteinen und kalkreichen Mergelbänken zusammen und setzen dem Schachtabteufen infolge ihrer rolligen Beschaffenheit und starken Wasserführung große Schwierigkeiten entgegen.

68. — Tertiär, Diluvium, Alluvium. Über dem Kreidemergel treten Sand-, Kies-, Ton-, Fließ-, Geröll- und Geschiebeschichten auf, welche der Geologe in Tertiär, Diluvium und Alluvium unterscheidet, während der Bergmann sie vielfach, allerdings ungenau, wegen ihrer lockeren Beschaffenheit und ihrer Durchtränkung mit Grundwasser unter der Bezeichnung „schwimmendes Gebirge" zusammenfaßt. Die größte, mit Schächten durchsunkene Mächtigkeit dieser jungen Gebirgsschichten hat bisher rund 130 m betragen, doch steht die Durchteufung mächtigerer Schichten am Niederrhein bevor.

Das Tertiär beschränkt sich auf die obenerwähnte „Kölner Bucht"; seine östliche Grenze ist etwa in der Gegend von Oberhausen-Sterkrade zu

suchen. Es besteht aus Meeresablagerungen von vielfach bedeutender Mächtigkeit, welche meist unmittelbar auf dem Steinkohlengebirge auflagern.

Das Diluvium umfaßt Ablagerungen, die auf die gewaltige Vereisung ganz Norddeutschlands und Skandinaviens zurückzuführen sind, von welcher zahlreiche Spuren zeugen. Es handelt sich hier teils um Gesteinstrümmer, die durch das Eis selbst zusammengetragen sind (Geschiebemergel, Moränenwälle, erratische Blöcke u. dergl.), teils um Absätze der vom Gletscherfuß abfließenden und im Zeitalter des Eisrückzuges zu gewaltiger Stärke anschwellenden Schmelzwasser. Vielfach sind die heutigen Bäche und Flüsse als kleine Überreste dieser früheren Schmelzwasserläufe anzusehen; in ihrer unmittelbaren Nähe treten infolgedessen auch häufig diluviale Ablagerungen in größerer Mächtigkeit auf. Besondere Beachtung verdienen die vom Eise mitgeführten erratischen Blöcke („Findlinge"), welche ungefähr bis zu einer von Werl über Unna, Hörde, Hattingen, Kettwig gezogenen Linie gefunden werden, die ihrerseits gleichzeitig annähernd die Südgrenze des Vordringens des Inlandeises darstellt. Sie bestehen aus Gesteinen, wie sie heute in Skandinavien anstehend gefunden werden, meist aus Granit.

Die jüngste Schicht des Diluviums bildet der über den ganzen Ruhrkohlenbezirk verbreitete Lehm, ein eisenhaltiger, mit Sand durchsetzter Ton, dessen Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis zu 7—8 m schwanken kann. Seine Entstehung ist noch zweifelhaft, muß aber wahrscheinlich auf den Absatz aus Wasser zurückgeführt werden.

Die für den Bergmann ungünstigsten Glieder des jüngeren Deckgebirges sind der Fließ- oder Schwimmsand und die erratischen Blöcke. Der erstere, ein äußerst feiner, von Wasser durchtränkter Sand mit größerem oder geringerem Tongehalt, verursacht durch seine dünnflüssige und doch zähe Beschaffenheit beim Schachtabteufen außerordentliche Schwierigkeiten; er nimmt stellenweise die Beschaffenheit der gefürchteten oberschlesischen „Kurzawka" an. Die erratischen Blöcke sind ebenfalls für Abteufarbeiten ein großes Hindernis, da sie dem Niederbringen der Senkschächte große Schwierigkeiten bieten, namentlich wenn unter Wasser gearbeitet werden muß.

Im Gegensatz zu den tertiären Ablagerungen sind die Diluvialbildungen, wie nach dem vorstehenden erklärlich ist, sehr unregelmäßig abgelagert, so daß sie auf weite Erstreckungen hin ganz fehlen und an anderen Stellen in der Mächtigkeit schnell und stark wechseln. Beim Schachtabteufen lassen sich daher vielfach wesentliche Ersparnisse dadurch erzielen, daß man die Diluvialschichten ganz umgeht oder doch die Stellen ihrer geringsten Mächtigkeit aufsucht.

Das Alluvium, wie die heute noch vor unseren Augen sich bildenden Ablagerungen bezeichnet werden, besteht im Ruhrbezirk wie anderwärts aus den von Flüssen und sonstigen Wasserläufen abgesetzten Sand- und Tonschichten.

Die Steinkohlenvorkommen von Osnabrück.

69. — Übersicht. In der Gegend von Ibbenbüren, westlich von Osnabrück, taucht das westfälische Karbon wieder aus der Decke jüngerer

Schichten, unter der es im Kreidebecken von Münster liegt, auf und bildet 2 flache Bergrücken, den Schafberg bei Ibbenbüren und den Piesberg bei Osnabrück; in der h. 8 verlaufenden Streichlinie des ersteren schließt sich nach Südosten hin das Karbon des Hüggels an, das aber für den Bergbau bis jetzt keine Bedeutung hat.

70. — **Flöz- und Gesteinsverhältnisse.** Die hier aufgeschlossenen Schichten stellen nach Dr. L. Cremer ihren Pflanzenversteinerungen nach eine Ablagerung dar, welche etwas jünger ist als die westfälische Gasflammkohlenpartie. Das Nebengestein besteht vorwiegend aus Sandstein und Konglomerat und hat infolgedessen, zumal die Schichten zutage ausgehen, eine weitgehende Entgasung der Kohle gestattet, so daß diese trotz ihres verhältnismäßig geringen Alters bei Ibbenbüren 85—90 $^0/_0$, am Piesberg sogar bis zu 98 $^0/_0$ Kohlenstoff enthält. Ein Teil der Ibbenbürener Flöze liefert Backkohle.

Bei Ibbenbüren sind 7 bauwürdige Flöze mit etwas über 5 m Kohlenmächtigkeit aufgeschlossen. Am Piesberg wurden 4 Flöze mit insgesamt 3 m Kohle gebaut; der Bergbau ist dort aber bereits seit einiger Zeit zum Erliegen gekommen.

Als Deckgebirge tritt Zechstein und über ihm Buntsandstein auf; der Zechstein lagert sich am Fuß der Bergabhänge an.

Das Saar-Nahe-Steinkohlenbecken.

71. — **Begrenzung und Allgemeines.** Der bisher bergmännisch aufgeschlossene Teil dieser wichtigen Ablagerung ist erheblich kleiner als derjenige des Ruhr-Lippe-Kohlenbeckens, da er nur etwa 600 qkm Fläche überdeckt. Der weitaus bedeutendste Teil dieses Gebietes bildet annähernd (vergl. Tafel II) ein rechtwinkliges Dreieck mit den Städten Neunkirchen (im Nordosten), Forbach (im Südwesten) und Saarlouis (im Nordwesten) als Eckpunkten; die Länge Neunkirchen—Forbach beträgt rund 26 km, die Länge Forbach—Saarlouis rund 18 km. An diesen Kern des ganzen Gebiets schließen sich nach Nordosten hin einige Grubenaufschlüsse in der bayrischen Pfalz, nach Südwesten hin solche in Lothringen. In neuerer Zeit aber, namentlich in den letzten 10 Jahren, ist durch eine lebhafte Bohrtätigkeit das flözführende Steinkohlengebirge westlich und südwestlich (über die französische Grenze hinaus, bis in die Gegend von Nancy) in erreichbaren Tiefen nachgewiesen worden, woraus sich eine erhebliche Vergrößerung des Beckens gegenüber dem früher bekannten Gebiet ergibt.

Die Oberflächenbeschaffenheit des Geländes ist vorwiegend hügelig, so daß die Errichtung der Tagesanlagen vielfach auf Schwierigkeiten stößt. Anderseits hat diese wellige Tagesoberfläche zahlreiche Gelegenheiten zum Stollenbetrieb geboten, und noch heute werden verschiedene größere Stollen als Hauptförderwege benutzt.

Das Saarbrücker flözführende Steinkohlengebirge unterscheidet sich von dem westfälischen dadurch, daß es lediglich aus Süßwasserbildungen aufgebaut ist. Damit hängt der häufige Wechsel verhältnismäßig dünnbänkiger Gesteinschichten sowie die starke Veränderlichkeit der Flöze im Streichen und Fallen infolge häufigen Anschwellens und

Auskeilens der Zwischenmittel zusammen. Das Nebengestein ist im wesentlichen dasselbe wie im Ruhrbezirk, nur treten die Konglomerate häufiger auf. Der Flözreichtum ist groß: es sind ca. 85 bauwürdige Flöze mit rund 90 m Kohle aufgeschlossen. Jedoch sind die meisten Flöze infolge des häufigen Auftretens von Bergmitteln unrein.

Über die Altersverhältnisse der Saarablagerung im Vergleich mit den anderen wichtigeren deutschen Steinkohlenbezirken gibt die Tabelle auf S. 49 Auskunft (vergl. auch S. 50).

72. — **Flözgruppen.** Wie im Ruhrkohlenbecken werden auch im Saarbezirk nach dem verschiedenen Verhalten der Kohle mehrere Abteilungen oder Flözgruppen unterschieden, nämlich (vom Liegenden zum Hangenden, vergl. Tafel I und II):

1. Die Fettkohlengruppe. Sie führt Flöze, deren Kohle durchschnittlich 64 % Koks ausbringt und eine Verbrennungswärme von 8500 Wärmeeinheiten liefert. Diese Flözfolge setzt sich (vom Liegenden zum Hangenden) zusammen aus der ärmeren Rotheller Flözgruppe mit 70 bis 80 Kohlenbänken, jedoch nur wenig bauwürdigen Flözen, und der reichen Sulzbacher Flözgruppe, welche mit 17—20 bauwürdigen Flözen, deren Kohlenmächtigkeit ca. 22 m beträgt, den Haupt-Flözzug des ganzen Saarbrücker Steinkohlengebirges bildet. Das Nebengestein besteht überwiegend aus Sandsteinen und Konglomeraten.

Die Mächtigkeit der Fettkohlengruppe beträgt in der Profillinie von Dudweiler rund 950 m, wovon je etwa die Hälfte auf die eigentliche Fettkohlen- und die Rotheller Flözgruppe entfällt. Jedoch nimmt die Mächtigkeit der ersteren Flözfolge nach Osten hin ab, nämlich von rund 450 m in der Gegend von Sulzbach-Dudweiler auf ca. 300 m bei Neunkirchen.

2. Die untere Flammkohlengruppe, mit 2—3 bauwürdigen Flözen. Die Kohle liefert rund 60 % Koksausbringen und 8000 Wärmeeinheiten.

3. Die obere Flammkohlengruppe, 7—10 bauwürdige Flöze mit ca. 9 m Kohle enthaltend. Die Kohle erzeugt 7800 Wärmeeinheiten und liefert rund 60 % Koksrückstand.

Diese Flözgruppe ist von der unteren Flammkohlengruppe, wie diese von der Fettkohlengruppe, durch ein flözarmes Mittel getrennt.

Auch die Flammkohlengruppe zeigt die Erscheinung einer starken Verschwächung nach Osten hin: von Grube Gerhard nach Grube Kohlwald hin nimmt die obere Flammkohlengruppe von 830 m bis auf 400 m, die untere von 280 m bis auf 120 m ab, so daß einschließlich des flözarmen Mittels zwischen Flamm- und Fettkohlen die Verschwächung zwischen diesen beiden Stellen 1630 — 850 = 780 m beträgt.

Im Nebengestein der Flammkohlengruppe treten gegenüber der Fettkohlenpartie die Sandstein- und Konglomeratschichten mehr zurück.

4. Die Magerkohlengruppe oder der hangende Flözzug, 300 bis 600 m mächtig, 2 bauwürdige Flöze (das Wahlschieder und das Schwalbacher Flöz) führend, welche zusammen 2,5 m Kohle enthalten, die 7600 Wärmeeinheiten erzeugt und ca. 62 % Koksrückstand hinterläßt.

Flözkarte des Saarbrücker Steinkohlenbezirks.

nach Markscheider Rob. Müller.

Erklärung:

- Magerkohle
- obere Flammkohlen
- untere Flammkohlen
- Fettkohlen
- Verwerfungen
- Flöze in Projekt. Ebene N. N.
- Landesgrenze
- Eisenbahnen
- Wasserläufe

Verlag von Julius Springer in Berlin. Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

Oberhalb dieses Flözzuges treten nur vereinzelt noch 1—2 bauwürdige Flöze auf.

Im Gegensatz zum Ruhrkohlenbecken können im Saarrevier nur ausnahmsweise Kohlenflöze als Leitschichten benutzt werden, da das Verhalten der Flöze sehr stark wechselt. Die Saarbrücker Magerkohlen dürfen nicht mit den westfälischen Magerkohlen verwechselt werden. Sie entsprechen vielmehr, wie ihr Heizwert und ihr geringer Gehalt an festem Kohlenstoff zeigt, der westfälischen Gasflammkohle und haben ihren Namen nur deshalb erhalten, weil sie zur Verkokung ungeeignet sind. Überhaupt sind die Saarkohlen sehr gasreich (daher die starke Grubengasentwickelung der Saargruben), da sie großenteils jüngeren Schichten angehören als die Ruhrkohlenflöze (vergl. die Zusammenstellung auf S. 49/50). Dafür stehen zur Identifizierung verschiedener Flözgruppen mehrere „Tonstein"-Schichten, Konglomerate und versteinerungführende Schichten zu Gebote. Der Tonstein ist ein verkieselter Porzellanton. Von den Konglomeraten ist das Holzer Konglomerat das wichtigste: es ist als Grenze zwischen der unteren, flözreichen Abteilung (untere und mittlere Saarbrücker Schichten, Fett- und Flammkohlen) und der oberen, flözarmen Abteilung (obere Saarbrücker und Ottweiler Schichten, Magerkohlengruppe) angenommen worden. Es ist ein lockeres, vorwiegend quarziges Konglomerat von sehr grobem Korn. An versteinerungführenden Schichten sind besonders solche mit Schalen eines kleinen Muschelkrebses (Leaia) hervorzuheben, die für die unteren Ottweiler Schichten bezeichnend sind.

Eine Eigentümlichkeit, welche das Saar-Nahe-Karbon mit dem niederschlesischen gemeinsam hat, ist das Auftreten von Eruptivgesteinen, die meist als Melaphyr anzusprechen sind und teils stockförmig, teils gangartig auftreten. Hervorzuheben ist besonders der sog. „Grenzmelaphyr", welcher in den unteren Schichten der Fettkohlenpartie (Tafel I) auftritt und in ziemlich gleichförmiger Mächtigkeit von rund 5 m auf nahezu 8 km Länge teils als Lagergang, teils etwas spießwinklig die Karbonschichten durchsetzt. Er ist, wie Verkokungserscheinungen in den von ihm berührten Flözen beweisen, erst nach Ablagerung des Steinkohlengebirges in dessen Schichten hineingepreßt worden. Wegen seines gleichmäßigen Verhaltens wird er auch zur Altersbestimmung der Schichten benutzt.

73. — **Lagerungsverhältnisse.** Den Lagerungsverhältnissen nach stellt sich das Saar-Steinkohlengebirge (Tafel I) als der Nordflügel eines großen Sattels, des sog. „Pfälzer Sattels", dar, dessen Südflügel durch den sog. südlichen Hauptsprung in eine zurzeit noch nicht genau bekannte Tiefe, wahrscheinlich aber über 2000 m tief, verworfen worden ist, so daß also südlich des Sprunges kein Kohlenbergbau möglich ist, obwohl an dem Vorhandensein des produktiven Karbons dort kein Zweifel sein kann. Die Streichrichtung ist diejenige des rheinisch-westfälischen Schiefergebirges und entspricht daher annähernd dem Generalstreichen des Ruhrbezirks. Das an sich schon nicht steile Einfallen des Sattelnordflügels verflacht sich nach Westen sowohl wie auch nach Norden (nach der „Nahe-Mulde" hin) noch fortgesetzt und beträgt daher hier vielfach nur wenige Grade. Entsprechend dieser mäßigen Schichtenaufrichtung sind Überschiebungen selten und nur schwach ausgebildet. An Verwerfungen ist außer dem die

südliche Grenze bildenden südlichen Hauptsprung besonders der Saarsprung zu erwähnen, welcher, von OSO. nach WNW. verlaufend, den östlichen Teil des Karbons um ca. 450 m seiger in die Tiefe verworfen hat.

Das Liegende des produktiven Karbons, über das man im Ruhrkohlenbecken genau unterrichtet ist, hat man im Saarrevier bisher noch nicht angetroffen, da es auf dem Nordflügel, wo es wegen dessen höherer Lage allein gefunden werden könnte, wegen der flachen Lagerung vorderhand noch in zu großer Tiefe liegt. Man hat nur mächtige, vorwiegend aus Sandstein und Konglomerat bestehende, flözleere Schichten unter den liegendsten Flözen erbohrt, deren Beschaffenheit es wahrscheinlich macht, daß im südöstlichen Teile Granit und Urschiefer, weiter nach Nordwesten hin kambrische und silurische und erst daran anschließend devonische Schichten den Untergrund bilden (vergl. Tafel I).

74. — Deckgebirge. Die Deckgebirgsverhältnisse sind wesentlich günstiger als im Ruhr-Lippe-Becken. Auf die oberen Ottweiler Schichten folgen die Schichten des Rotliegenden, deren Beschaffenheit denen der oberen Karbongesteine so ähnlich ist, daß sich eine scharfe Grenze nicht ziehen läßt. Jedoch ist das eigentliche Deckgebirge der Buntsandstein, der infolge einer Transgression weit über das weiter nördlich auftretende Rotliegende hinübergreift und daher südlich unmittelbar auf den Schichtenköpfen des Karbons auflagert. Er bildet eine bedeutend günstigere und weniger mächtige Deckschicht als Kreide und Tertiär im Ruhrkohlenbezirk, ist aber überdies in einem großen Teile des Gebiets infolge nachträglicher Abtragung durch Verwitterung und Erosion überhaupt nicht mehr vorhanden. Demgemäß sind Schächte im Saarbezirk billig und daher verhältnismäßig zahlreich.

Die Aachener Steinkohlenablagerungen.

75. — Allgemeine Übersicht. Der Steinkohlenbergbau in der Umgebung von Aachen geht nördlich und südlich dieser Stadt in 2 Hauptmulden, der Wurm-Mulde (nördlich, bei Kohlscheid) und der Inde-Mulde

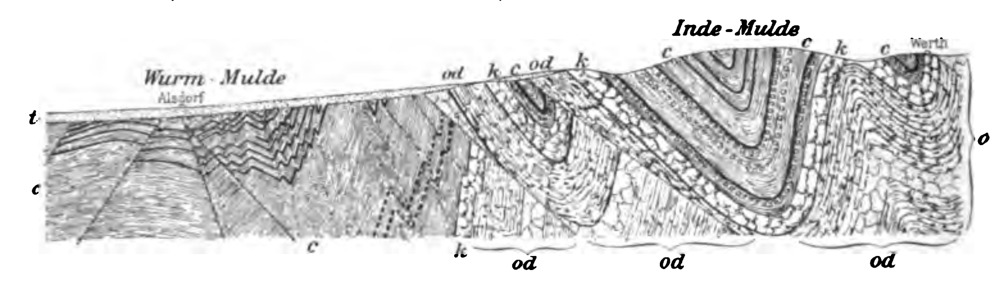


Fig. 68. Ideales Querprofil durch das Aachener Steinkohlengebirge. Nach Holzapfel.

(südlich, bei Eschweiler) um; 2 kleinere südliche Mulden kommen für den Bergbau nicht in Betracht, während die nördlich an die Wurm-Mulde sich anschließende flache Heerlen-Erkelenzer Mulde bereits in holländischem Gebiet liegt.

Die beiden Hauptmulden sind (vergl. Fig. 68) durch einen devonischen Sattel voneinander getrennt, auf dem die Stadt Aachen liegt; dieser wird allerdings durch die zwischen beiden Mulden durchsetzende große, bereits oben (S. 31) erwähnte Aachener Überschiebung verschleiert.

Die Kohlen des Aachener Bezirks gehören, wie sich aus der Zusammenstellung auf S. 49 ergibt, verhältnismäßig tief liegenden Schichten an. Eine Identifizierung der Flöze beider Mulden hat bisher nicht erfolgen können; jedoch sind zweifellos diejenigen der Inde-Mulde älter als die der Wurm-Mulde, so daß wahrscheinlich die hangendsten Schichten der ersteren mit den bisher aufgeschlossenen liegendsten der letzteren gleichaltrig sind, vergl. S. 49. Dieser Unterschied beruht auf der Aachener Überschiebung, welche die Inde-Mulde bedeutend in die Höhe gerückt hat.

76. — **Flözführung und Nebengestein.** In der Inde-Mulde werden ca. 20 Flöze mit rund 15 m Gesamt-Kohlenmächtigkeit, in der Wurm-Mulde 12 Flöze mit ca. 11,5 m Kohle gebaut. Die Inde-Mulde entspricht in ihren liegenden Schichten der westfälischen Magerkohlenpartie, sie führt in den unteren Flözen (den sog. „Außenwerken") magere Flammkohle mit ca. 9 % Gasgehalt. Die hangenderen Flöze („Binnenwerke") dieser Mulde enthalten dagegen eine vorzügliche Backkohle mit 20—30 % Gasgehalt und einem Heizwert, der den aller anderen preußischen Steinkohlen übertrifft. Die Wurm-Mulde wird durch die „Feldbiß"-Verwerfung in 2 verschiedenartige Abschnitte zerlegt, deren westlicher anthrazitische Magerkohle mit 4—7 % Gas liefert, während der östliche Flamm- und Fettkohlen mit 15—22 % Gas enthält. Die Beschaffenheit des Nebengesteins steht zu seinem Alter in einem ähnlichen Verhältnis wie im Ruhrbezirk; in der älteren Inde-Mulde überwiegen Sandsteine und Konglomerate, während in der jüngeren Wurm-Mulde der Schieferton in den Vordergrund tritt. Auch hinsichtlich des Auftretens verschiedener Meeres- und Süßwasser-Muschelschichten ist eine Ähnlichkeit mit dem Ruhrkohlenbecken zu erkennen.

77. — **Lagerungsverhältnisse.** Die Inde-Mulde zeigt eine einheitliche Muldenausbildung mit mäßigem Zusammenschub; der Südflügel ist allerdings stellenweise, namentlich östlich der Sandgewand, überkippt. Die Wurm-Mulde dagegen zeichnet sich durch eine große Anzahl von kleineren und größeren Falten aus und ist durch ihre Zickzackfalten bemerkenswert, deren Flügel sich wie im belgischen Steinkohlengebirge scharf in flach einfallende („Platte") und steilstehende („Rechte") scheiden lassen.

Die größeren Verwerfungen führen in der Inde-Mulde die Bezeichnung „Gewand"; in der Wurm-Mulde werden sie als „Biß" bezeichnet. Die wichtigsten Verwerfungen der Inde-Mulde sind die Münstergewand (Seigerverwurf ca. 100 m) und die Sandgewand (Seigerverwurf ca. 500 m), von denen die erstere die Westgrenze bildet, die letztere lange Zeit hindurch als Ostgrenze des Bergbaugebiets galt; der zwischen beiden Störungen liegende Muldenteil ist größtenteils abgebaut. In der Wurm-Mulde tritt als wichtigste Verwerfung der Feldbiß (Seigerverwurf rund 300 m) auf, welcher sowohl hinsichtlich der Kohlebeschaffenheit als auch hinsichtlich des Deckgebirges eine scharfe Grenze bildet. Außerdem hat man hier im

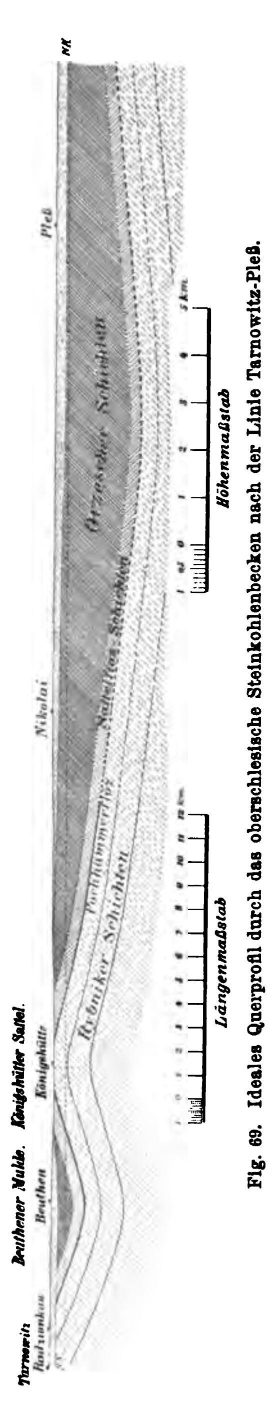


Fig. 69. Ideales Querprofil durch das oberschlesische Steinkohlenbecken nach der Linie Tarnowitz-Pleß.

Jahre 1900 auch die nördliche Fortsetzung der Sandgewand durchhörtert, welche auch hier früher die Ostgrenze des Bergbaus gebildet hatte.

Das Aachener Karbon liegt konkordant auf dem Devon. Als Unterkarbon tritt hier im Gegensatz zu dem rheinisch-westfälischen Kulm der Kohlenkalk auf; in geringem seigeren Abstand über diesem liegt bereits das liegendste Kohlenflöz, so daß die Schichtenfolge des flözleeren Sandsteins hier nicht ausgebildet ist.

Das Generalstreichen des Aachener Steinkohlenbeckens entspricht wiederum demjenigen des Ruhrbezirks.

78. — Deckgebirge. Als Deckgebirge kommen lediglich Tertiär und Diluvium in Betracht. Die Mächtigkeit dieser Schichten steht in deutlicher Beziehung zu den Verwerfungen. Das Steinkohlengebirge der Inde-Mulde trägt erst östlich von der Sandgewand die Decke der jüngeren Schichten, in der Wurm-Mulde beginnt das Deckgebirge östlich vom Feldbiß. Die Mächtigkeit der Deckschichten steigt stellenweise bis zu etwa 600 m. Wegen ihrer schwimmenden Beschaffenheit sind die Schwierigkeiten beim Schachtabteufen bedeutend. Auch die aus diesen Schichten, namentlich in der Inde-Mulde, in das Steinkohlengebirge durchsickernden Wasser erschweren den Bergwerksbetrieb. In der Wurm-Mulde allerdings werden sie vielfach durch wassertragende, tonige Schichten unschädlich gemacht, welche sich als Verwitterungsprodukte des Steinkohlengebirges zwischen dieses und das Deckgebirge einschieben und als „Baggert“ bezeichnet werden.

Das oberschlesische Steinkohlenbecken.

79. — Allgemeines. Unter dem oberschlesischen Steinkohlenbecken verstehen wir den rund 3600 qkm umfassenden preußischen Anteil an dem schlesisch-mährisch-polnischen Becken, dessen Gesamterstreckung zu ca. 5600 qkm anzunehmen ist.

Das oberschlesische flözführende Steinkohlengebirge umfaßt (Fig. 69) folgende Schichten (vom Hangenden zum Liegenden):[1])

---

[1]) Vergl. auch die Tafel auf S. 49.

	Größte Mächtigkeit m	Abbauwürdige Kohlenmächtigkeit %
Orzescher Schichten	2700	3,2
Sattelflöz-Schichten	250	11,7
Rybniker Schichten	4100	1,9
Insgesamt:	7050	2,8

80. — Flözführung und Nebengestein. Nach vorstehender Übersicht führen diese Schichten maximal rund 190 m Kohle in abbauwürdigen Flözen, stellen also die reichste deutsche Steinkohlenablagerung dar. Das Nebengestein besteht in der Sattelflözgruppe und den oberen Rybniker Schichten zum größten Teile aus Sandstein und Konglomerat; in den liegenden Rybniker Schichten scheinen die Sandsteine zurückzutreten, während in den Orzescher Schichten die Schiefertone weitaus vorherrschen. Die Rybniker Schichten sind vorzugsweise Meeresbildungen, in den oberen Schichtenfolgen überwiegen die Süßwasserablagerungen.

Die weitaus wichtigste und am längsten bekannte und gebaute Flözgruppe ist diejenige der Sattelflöze, welche in der Gegend von Zabrze 5—7 bauwürdige Flöze von 1,5—10 m Mächtigkeit mit insgesamt rund 25 m Kohle führt. Ihre streichende Erstreckung von Gleiwitz über Zabrze, Königshütte, Kattowitz nach Myslowitz fällt annähernd mit derjenigen des oberschlesischen Industriebezirks zusammen. Ihren Namen haben sie von dem flachen Sattel erhalten, in welchem sie in diesem Gebiete auftreten und der vier einzelne Sattelerhebungen bildet und nach Norden in die Beuthener Mulde übergeht (vergl. das Profil, Fig. 69). Die große Mächtigkeit der wichtigsten Flöze im Verein mit ihrer durchweg flachen Lagerung hat zu einer eigenartigen Ausbildung der Bergbautechnik geführt. Bemerkenswert ist die Abnahme der Kohlenmächtigkeit und das noch wesentlich stärkere Auskeilen der Gesteinsmittel nach Osten hin, wodurch in dieser Himmelsrichtung die Flözzahl ab- und die Flözmächtigkeit zunimmt (vergl. Fig. 70), bis schließlich bei Dombrowa in Russisch-Polen

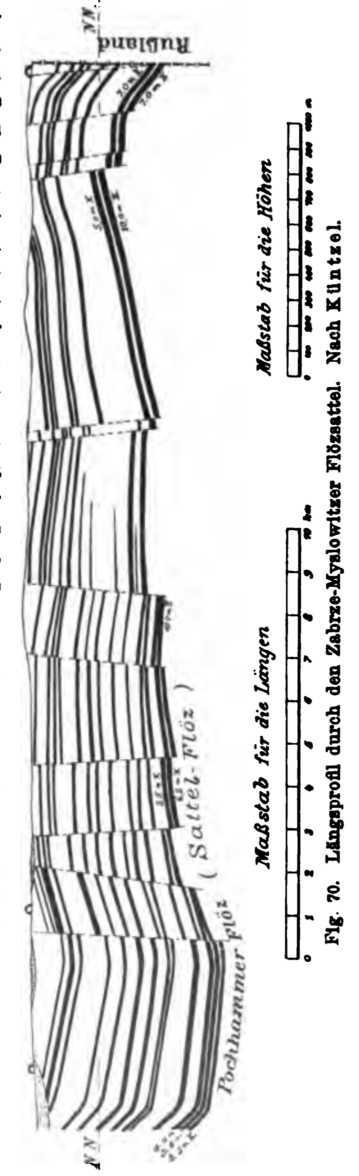


Fig. 70. Längsprofil durch den Zabrze-Myslowitzer Flözsattel. Nach Küntzel.

nur noch ein Flöz mit 15—16 m Kohle vorhanden ist. Auch von Süden nach Norden hin ist eine Verschwächung der Schichten zu erkennen.

Die Kohlen der Sattelflöze sind vorwiegend magere Flammkohlen, nur wenige Flöze führen Kokskohle. Ebenso scheinen die Orzescher und Rybniker Schichten durchweg Kohlen ohne Backfähigkeit zu führen. So erklärt es sich, daß zurzeit nur 8—9 % der gesamten oberschlesischen Kohlenförderung verkokt werden. Anderseits ist eine wesentliche Eigenschaft der oberschlesischen Kohle das Fehlen der Grubengasentwickelung, welches zur Folge hat, daß dort noch überall mit offenem Licht gearbeitet werden kann. Der Bergbau auf den Ostrauer (Rybniker) Schichten beschränkt sich fast ausschließlich auf die westliche Randmulde (s. u.), da diese Schichten in der Hauptmulde meist zu tief liegen. Die Flöze der Orzescher Schichten dagegen werden östlich der Orlauer Störung gebaut.

81. — **Lagerungsverhältnisse.** Das ganze Steinkohlenbecken wird nach Gaebler durch eine mächtige Verwerfung, die sog. „Orlauer Störung“, welche in annähernd nordsüdlichem Verlauf auf der Linie Gleiwitz—Rybnik durchsetzt und den östlich liegenden Gebirgsteil etwa 1600 m, seiger gemessen, in die Tiefe geworfen hat, in zwei ungleiche Teile geteilt.[1] Der westliche Teil ist zu einer flachen Mulde, der sog. westlichen Randmulde, zusammengeschoben, deren Muldenlinie annähernd nordsüdlich verläuft und welche nur in einem eng umgrenzten Gebiete in der Nähe von Rybnik noch Flöze der Sattelflözgruppe, im übrigen aber nur tiefer liegende Flöze enthält. Der östliche Teil besteht in seinem kleineren nördlichen Gebiete aus dem vorhin erwähnten Zabrze—Myslowitzer Flözsattel und der nördlich sich anschließenden Beuthener Mulde. Der weitaus größere südliche Abschnitt des östlichen Beckenteiles wird nach den bisherigen Aufschlüssen von einer breiten, flachen Mulde eingenommen (s. d. Profil, Fig. 69), die sich nach Südosten öffnet und in deren Tiefstem vermutlich die ganzen Orzescher Schichten über der Sattelflözgruppe lagern, so daß die letztere hier für den Bergbau unerreichbar ist; nördlich und westlich dagegen ist der größte Teil dieser Schichten durch die Aufrichtung der Erosion preisgegeben und zerstört worden.

Die Unterlage des flözführenden Steinkohlengebirges ist wegen der flachen Lagerung, wie im Saarbezirk, noch nicht angetroffen worden, da auch das tiefste Bohrloch, nicht nur Oberschlesiens, sondern der ganzen Welt, das rund 2000 m tiefe Bohrloch Paruschowitz V bei Rybnik, noch nicht durch das flözführende Karbon hindurchgedrungen ist.

82. — **Deckgebirge.** Das Deckgebirge besteht vorzugsweise aus tertiären und diluvialen Schichten. Das Tertiär ist im allgemeinen 150 bis 200 m mächtig, schwillt aber stellenweise bis auf etwa 400 m an. Die Oberfläche des Steinkohlengebirges unter der Tertiärdecke zeigt zahlreiche, größtenteils auf Auswaschungen zurückzuführende Rinnen und Vertiefungen, während die Oberfläche der Tertiärschichten annähernd horizontal liegt. Es handelt sich hier um Meeresbildungen.

---

[1]) Durch die Untersuchungen von Michael ist jedoch neuerdings das Vorhandensein dieser Störung als mindestens zweifelhaft dargetan worden.

Das Diluvium ist bis zu 50 m mächtig angetroffen worden. Es ist bemerkenswert durch die „Kurzawka", einen zähflüssigen Schwimmsand, der dem Schachtabteufen große Schwierigkeiten entgegensetzt und an den Stellen, wo das Diluvium unmittelbar über dem Karbon liegt, durch Einbrüche in die Baue wiederholt gefährlich geworden ist.

In einem beschränkten Gebiet, nämlich in der westlichen Randmulde und in der Beuthener Mulde, schieben sich Buntsandstein und Muschelkalk zwischen Karbon und Tertiär ein.

Das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken.

83. — **Lage und Begrenzung.** Das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken erstreckt sich zwischen dem Riesen- und dem Eulengebirge an der Südwestgrenze Niederschlesiens. Die wichtigsten Orte sind Waldenburg und Hermsdorf auf der preußischen, Schatzlar und Schwadowitz auf der böhmischen Seite. Das ganze Gebiet bildet eine mit der Längsachse nordwest-südöstlich gerichtete elliptische Mulde, an deren Südwest-, Nordwest- und Nordostrande das flözführende Steinkohlengebirge zutage ausgeht, während es auf der Südostseite der Mulde durch Schichten des Rotliegenden und der Kreide bedeckt wird. Der nordwestliche und südöstliche Teil der ganzen Mulde gehören zu Preußen, während das Mittelstück fast ganz dem hier weit nach Osten hin vorspringenden Böhmen angehört. Die Beckengestalt tritt auch an der Erdoberfläche deutlich hervor, indem der größte Teil der Mulde von hohen Randgebirgen eingefaßt ist. Die mittlere Meereshöhe des ganzen Gebietes beträgt 400 bis 450 m, ist also ziemlich bedeutend.

84. — **Gliederung.** Das Liegende des Karbons wird an der westlichen, nordwestlichen und nordöstlichen Grenze durchweg von Urgebirgsschichten (Gneis und Glimmerschiefer) gebildet; im Norden treten außerdem Silurschichten auf. An der Südwestgrenze, auf böhmischem Gebiet, bilden infolge späterer Senkungen Schichten des Rotliegenden scheinbar das Liegende des Karbons. Im nordwestlichen Beckenteile schiebt sich auf preußischem Boden ein breites Band von dem sonst nur stellenweise auftretenden Kulm zwischen diese liegenden Schichten und das flözführende Steinkohlengebirge ein.

Das letztere ist aus 4 Stufen aufgebaut, die aus der Hauptübersicht auf S. 49 ersichtlich sind. Die kohlenreichsten Schichten, der „Waldenburger Hangendzug", sind sowohl auf preußischem als auch auf böhmischem Gebiete, die liegendste Gruppe, der „Waldenburger Liegendzug", dagegen ist bis jetzt nur in Preußen aufgeschlossen. Anderseits sind die beiden hangendsten Flözzüge, nämlich der „Idastollner" und der „Radowenzer" Flözzug, nur in Böhmen bekannt geworden und sollen daher hier nicht weiter berücksichtigt werden. Zwischen den beiden Waldenburger Flöz gruppen tritt ein flözleeres Mittel von 400—500 m Mächtigkeit auf.

Das Nebengestein wird vorwiegend durch Konglomerate, Sandsteine und Sandschiefer gebildet. Namentlich der Reichtum an Konglomeratschichten, welche in den liegenden sowohl wie in den hangenden Karbonschichten auftreten, ist für das niederschlesische Steinkohlengebirge bezeichnend. Dagegen tritt der Tonschiefer stark zurück und bleibt

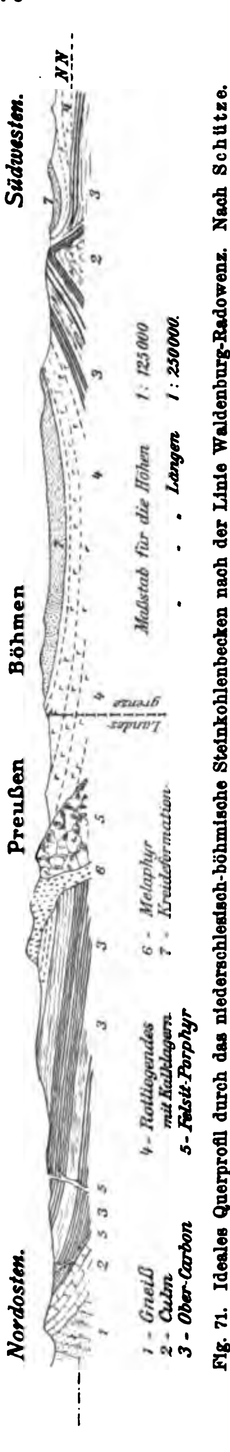


Fig. 71. Ideales Querprofil durch das niederschlesisch-böhmische Steinkohlenbecken nach der Linie Waldenburg-Radowenz. Nach Schütze.

vorzugsweise auf die Nachbarschaft der Flöze beschränkt. Außerdem treten hier Eruptivgesteine (vorwiegend Porphyr) noch stärker in den Vordergrund als im Saarrevier; die vulkanischen Ausbrüche haben sich durch das ganze Oberkarbon und Rotliegende hingezogen und ihr Material in Stöcken und Decken (Lagergängen) in den Karbonschichten verteilt.

Die Steinkohlenflöze wechseln an Zahl und Beschaffenheit stark, so daß Flözvergleichungen zwischen verschiedenen Gruben kaum möglich sind. Viele Flöze sind weniger als 1 m mächtig; mächtigere Flöze führen in der Regel ein Bergmittel. Im liegenden Flözzug treten 4—20, im hangenden 2—22 bauwürdige Flöze auf. Der größte an einer Stelle aufgeschlossene Kohlenreichtum in bauwürdigen Flözen beträgt ca. 15 m im liegenden Flözzug (Morgen- und Abendsterngrube bei Altwasser) und ca. 35 m im hangenden Flözzug (ver. Glückshilf-Friedenshoffnung-Grube bei Hermsdorf). Wie sich aus diesen Zahlen ergibt, ist nicht nur der Kohlenreichtum, sondern auch die durchschnittliche Flözmächtigkeit im hangenden Zuge größer als im liegenden; auch zeichnet sich der erstere durch bessere Beschaffenheit der Kohle aus. Fett- und Magerkohlenflöze treten wechselweise auf; im Hangendzug überwiegen die ersteren (s. auch die Zahlentafel auf S. 50).

Die jüngeren Gebirgschichten bestehen in der Hauptsache aus dem Rotliegenden und der Kreide; von letzterer ist jedoch nur das Cenoman entwickelt, sie tritt auf der preußischen Seite stark zurück. Diluvialschichten treten nur in den Bach- und Flußtälern auf.

Einen wesentlichen Bestandteil des Rotliegenden bilden Eruptivgesteine (Melaphyr und Porphyr), aus welchen verschiedene größere Bergkuppen aufgebaut sind.

Als Deckgebirge kommen die jüngeren Schichten kaum in Betracht, weil der Bergbau bis jetzt auf den zutage ausgehenden Teil des Steinkohlengebirges beschränkt geblieben ist.

85. — Lagerungsverhältnisse. Die Faltung des Steinkohlengebirges ist hier in mäßigen Grenzen geblieben. Die ganze Ablagerung (vergl. Fig. 71) bildet eine große, flache Mulde, deren Nordostflügel den Hauptsitz des preußischen Bergbaus

bildet, während der Südwestflügel auf böhmischem Gebiete gebaut wird; hier schließt sich weiter nach Südwesten noch ein Sattel an. Auf preußischem Gebiet sind noch 2 Spezialmulden, die Waldenburger und die Kohlauer, zu unterscheiden, welche durch den Porphyrrücken des Hochwaldes getrennt werden und von denen die erstere den größten Kohlenreichtum enthält. Das Einfallen schwankt meist zwischen etwa 20° und 40°, jedoch sind die den Eruptivstöcken benachbarten Teile des Steinkohlengebirges bis zu 70—80° aufgerichtet und zeigen so einen deutlichen Zusammenhang zwischen vulkanischen Ausbrüchen und Schichtenaufrichtung.

Zweiter Abschnitt.

Das Aufsuchen der Lagerstätten. (Schürf- und Bohrarbeiten.)

I. Schürfen.

1. — **Geognostische Vorarbeiten.** Vor der Inangriffnahme von mehr oder weniger kostspieligen Arbeiten zur Aufsuchung von Mineralien muß man sich über die dafür aussichtsreichste Stelle klar sein. Zunächst muß man sich mit den geologischen Verhältnissen der Gegend bekannt machen, was in Ländern mit geologischer Landesaufnahme, wie in Deutschland, nicht schwierig ist, anderswo durch Prüfung der Aufschlüsse bei Eisenbahn- und Wegebauten, durch Beobachtung der Oberflächenformen, der Bergabhänge u. dergl. zu geschehen hat. Für den Steinkohlenbergbau, wie überhaupt für jeden Bergbau, der auf Flözlagerstätten geführt wird, gestaltet sich diese Untersuchung, da die gesuchten Lagerstätten an bestimmte Altersstufen der Erdrinde gebunden sind, verhältnismäßig einfach: handelt es sich um karbonische Kohlenflöze, so sind Schürfarbeiten in Gegenden, in welchen das Devon die Tagesoberfläche bildet, zwecklos; ebenso kommen z. B. für die Aufsuchung des Mansfelder Kupferschieferflözes nur Gegenden mit Schichten vom Alter des Zechsteins oder geringerem Alter in Betracht. Umgekehrt scheiden auch solche Gebiete für Aufsuchungsarbeiten aus, in denen zwar zweifellos oder doch höchstwahrscheinlich die gesuchten Lagerstätten vorhanden sind, aber eine zu mächtige Decke jüngerer Schichten über ihnen liegt, wie das z. B. südlich des „südlichen Hauptsprungs“ im Saarbezirk der Fall ist (s. Tafel I).

Der Erzbergmann ist nicht von vornherein auf ein so enges Gebiet beschränkt, weshalb auch überraschende Erschürfungen von Erzlagerstätten an Stelle der mehr rechnungsmäßigen Auffindung von Flözen sehr häufig vorkommen. Jedoch gibt es auch für ihn Gebiete, die von vornherein zu Schürfarbeiten anlocken, nämlich Gegenden mit stark gefaltetem und gestörtem Schichtenbau, mit alten und jungen Massengesteinen, Vulkanausbrüchen, heißen Quellen u. dergl., da in allen solchen Gebieten die Wahrscheinlichkeit der Entstehung sowohl wie der Ausfüllung von Spalten und sonstigen Hohlräumen besonders groß ist, auch an den Berührungsflächen von Massen- und Schichtgesteinen (Kontaktzonen) vielfach Erzlagerstätten auftreten. Im übrigen ist besonders das Kalkgebirge, das sehr zur Spalten- und Höhlenbildung neigt, genauerer Erforschung wert.

Außer diesen allgemeinen Erwägungen kommen verschiedentlich noch besondere Anzeichen für das Vorhandensein von Mineralschätzen in Betracht: die Lagerstätten können, wenn ihre Mineralfüllung wenig witterungsbeständig ist, als Vertiefungen, im entgegengesetzten Falle als Erhöhungen auffallen; letzteres ist namentlich der Fall bei Gängen mit quarzhaltiger Gangmasse, welche sich häufig als „Klippen“ oder „Gangmauern“ von dem umgebenden Gestein abheben (vergl. Fig. 48 auf S. 38). Ferner kann das Ausgehende der Lagerstätten Färbungen („Schweife“ oder „Blumen“) an der Erdoberfläche zur Folge haben: Kohlenflöze verraten sich durch dunkle Stellen, Eisenerzlagerstätten durch rote und braune Färbung, Kupfervorkommen durch grüne Malachitkrusten und „-Ausblühungen“; Solquellen deuten auf Salz-, Naphthaquellen und Erdgasausbrüche auf Petroleumlagerstätten im Untergrunde, Flüsse mit goldhaltigem Sand lassen auf Goldvorkommen in den Gegenden, aus denen sie kommen, schließen; selbst der Pflanzenwuchs kann von Wichtigkeit sein, wie das z. B. bei dem nur auf zinkhaltigem Boden wachsenden „Galmeiveilchen“ der Fall ist. In Gegenden mit mächtigen Eisenerzlagerstätten, wie in Schweden und Norwegen, leistet die Ablenkung einer horizontal oder vertikal schwingenden Magnetnadel durch die vom Eisenerz ausgehende Anziehung gute Dienste. Man kann mit einem solchen Instrument das Gelände begehen und aus der Richtung der Ablenkung auf die örtliche Lage, aus der Größe des Ablenkungswinkels auf die Mächtigkeit des Erzlagers schließen.

2. — **Schürfen im engeren Sinne.** Ist einige Aussicht auf Auffindung von Lagerstätten vorhanden, so kann das Schürfen beginnen, worunter man die zum Aufsuchen der Lagerstätten erforderlichen Arbeiten versteht. Das einfachste Mittel sind Schürfgräben, welche in den Deckschichten bis zur Oberfläche des mineralführenden Gebirges ausgehoben werden. Sie werden im Flözgebirge zweckmäßig querschlägig zum Streichen geführt und, da die Fundwahrscheinlichkeit für beide Seiten dieselbe ist, nach entgegengesetzten Richtungen gleichzeitig vorgeschoben, wobei man zur Erleichterung der Arbeit und zur Verringerung der Kosten die gewonnenen Erdmassen wieder hinter sich verstürzt. Beim Schürfen auf Erzlagerstätten lassen sich keine bestimmten Vorschriften für die Richtung der Schürfgräben geben; hier muß die größere Wahrscheinlichkeit des Fundes zur Richtschnur genommen werden. Bei zu großer Mächtigkeit des Deckgebirges treten Schürfschächte an die Stelle der Gräben. In gebirgigem Gelände können vielfach querschlägige Schürfstollen vom Abhange aus bequemer zum Ziele führen, namentlich wenn Bewaldung der Oberfläche, Grundwasser u. dergl. dem Auswerfen von Gräben entgegenstehen.

In Ländern mit dichter Bevölkerung und alter Kultur jedoch, in denen die oberflächlich zu erschürfenden Mineralien bereits bergmännisch erschlossen sind, sowie in ausgedehnten Ebenen ist das weitaus wichtigste Schürfmittel die Tiefbohrung, auf die im folgenden näher eingegangen werden soll.

II. Tiefbohrung.

3. — Wesen und Zwecke der Tiefbohrung. Man könnte unter „Tiefbohrung" alle diejenigen Bohrarbeiten verstehen, welche darauf abzielen, Löcher von größerer Tiefe, als sie für die Sprengarbeit erforderlich ist, herzustellen. Jedoch beschränkt der herrschende Sprachgebrauch das Wort auf die senkrecht nach unten gerichteten Bohrungen. Die Herstellung tiefer Bohrlöcher in anderen Richtungen soll zusammen mit den Arbeiten, bei denen auf solche Bohrungen als Hilfsmittel zurückgegriffen wird, besprochen werden.

Außer den Schürfbohrungen, welche den Zweck verfolgen, Lagerstätten nutzbarer Mineralien unter der Erdoberfläche aufzusuchen, kennt der Bergmann noch Tiefbohrungen für verschiedene andere Zwecke, nämlich:

Bohrungen zur Untersuchung der Lagerungsverhältnisse eines verliehenen Grubenfeldes, um dessen Mineralreichtum abschätzen und danach die Einteilung des Feldes, die Zahl und Anordnung der Schächte u. dergl. beurteilen zu können.

Bohrungen zur Erforschung der Deckgebirgsverhältnisse, welche in erster Linie für das Schachtabteufen von Wichtigkeit sind und deren Berücksichtigung vielfach trotz der für die Bohrungen aufgewandten Kosten zu großen Ersparnissen beim Schachtabteufen führen kann.

Bohrungen zur Gewinnung nutzbarer Mineralien in flüssigem oder gasförmigem Zustande, wie Petroleum, Heilquellen, Sole, Erdgas, Kohlensäure u. dergl.

Hilfsbohrungen bei bergmännischen Arbeiten, namentlich beim Schachtabteufen, nämlich:

Herstellung von Bohrlöchern zur Abführung der Wasser eines im Abteufen begriffenen Schachtes nach unten hin in Unterfahrungsquerschläge u. dergl., um sie von einer bereits vorhandenen Wasserhaltung heben zu lassen.

Herstellung von Bohrlöchern zur Bildung einer Frostmauer im schwimmenden Gebirge (Gefrierverfahren).

Nach diesen verschiedenartigen Zwecken sind auch die Bohreinrichtungen verschieden: handelt es sich um Schürfbohrungen, bei denen die Fündigkeit sicher zu erwarten steht, der Zeitpunkt der Fündigkeit aber wegen der Verleihungsvorschriften (wie z. B. in Preußen) von Wichtigkeit ist, so wird man in erster Linie Wert legen auf rasches Niederbringen der Bohrlöcher, ohne Rücksicht auf die Kosten. Bei Bohrungen zur Untersuchung von Lagerungsverhältnissen im mineralführenden oder im Deckgebirge kommt es auf möglichst genaue Feststellung der Beschaffenheit und Mächtigkeit der durchbohrten Schichten an. Bohrlöcher zur Mineralgewinnung müssen vor allem genügende Weite erhalten und gegen Verunreinigungen durch Gebirgswasser u. dergl. möglichst gut gesichert werden. Bei Bohrlöchern für das Gefrierverfahren ist die möglichst genaue Innehaltung der Vertikalrichtung von größter Bedeutung usw.

Erwähnt seien noch Bohrungen für verschiedene, nicht bergmännische Zwecke: zur Untersuchung des Baugrundes sowohl auf dem Lande als auch in Flußbetten und an Meeresküsten, zur Gewinnung von Trink-

wasser, zur Abführung von Schmutzwasser mittels Durchbohrung einer wassertragenden Schicht u. ähnl.

4. — **Einteilung.** Man kann verschiedene Hauptarten der Tiefbohrung unterscheiden, je nachdem drehend oder stoßend und mit zeitweiliger oder ununterbrochener Schmandförderung gearbeitet wird. Außerdem nimmt die Durchdringung der oberen, weichen Gebirgsschichten, welche in der Regel das feste Gestein überdecken, eine besondere Stellung ein.

A. Die Tiefbohrung in milden Gebirgschichten und geringen Teufen.

5. — **Spritzbohren.** Das einfachste Bohrverfahren, welches in lockeren Sanden Anwendung finden kann, ist das sog. dänische Spritzbohren, bei welchem überhaupt kein Bohrer benutzt wird, sondern lediglich die auflockernde Kraft eines kräftigen Wasserstrahls das Vordringen in die Tiefe ermöglicht: durch eine unten in eine Spitze endigende enge Rohrleitung wird Druckwasser gepreßt, welches die Sandmassen wegspült und die so gebildete Bohrtrübe durch den ringförmigen Zwischenraum zwischen dem Hohlgestänge und einem gleichzeitig niedergepreßten, weiteren eisernen Futterrohr nach oben herausbefördert.

6. — **Drehendes Bohren.** Im übrigen finden für das Bohren in mildem Gebirge durchweg drehend bewegte Bohrwerkzeuge Verwendung. Als Beispiele für einfache, an die gewöhnlichen Schlangenbohrer

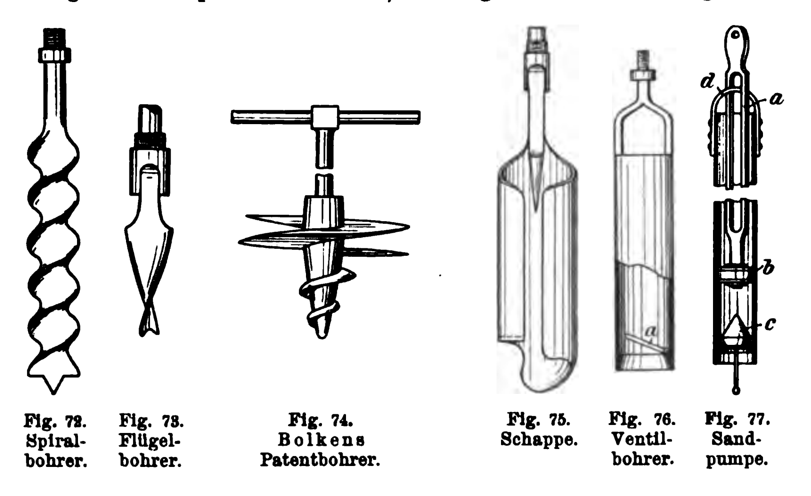


Fig. 72. Spiralbohrer. Fig. 73. Flügelbohrer. Fig. 74. Bolkens Patentbohrer. Fig. 75. Schappe. Fig. 76. Ventilbohrer. Fig. 77. Sandpumpe.

erinnernde Bohrer dieser Art seien genannt der Spiralbohrer (Fig. 72), der Flügelbohrer (Fig. 73) und der Bolkensche Patent-Erdbohrer (Fig. 74), welcher letztere zunächst durch die untere, steile Schraube das Erdreich lockert und dadurch das Eindringen der oberen, flachen Gewindegänge erleichtert. Ein viel verwendetes Bohrwerkzeug ist ferner die Schappe, von deren vielen Formen eine in Fig. 75 dargestellt ist; sie eignet sich besonders für die Durchbohrung toniger Massen und besteht

aus einem geschlitzten Hohlzylinder, welcher unten mit einer gewundenen Schneide („Schnecke“) zum Eindringen in das Gebirge versehen ist, in seinem oberen Teile die erbohrten Massen aufnimmt und mit ihnen nach Füllung zu Tage gehoben wird. Der Schlitz der Schappe kann um so weiter sein, je zäher das Gebirge ist.

In wasserführendem, sandigem Gebirge bedient man sich des Ventilbohrers oder der Sandpumpe. Ersterer (Fig. 76) ist ein unten zugeschärfter und mit einer Bodenklappe *a* oder einer Kugel verschlossener Hohlzylinder aus Eisenblech, der durch Aufstauchen gefüllt und nach Füllung hochgezogen wird. Letztere, welche am Seile hängt, ist außer dem Bodenventil *c* mit einem Scheibenkolben *b* ausgerüstet (Fig. 77), welcher, durch Vermittlung eines gegabelten Bügels *a* hochgezogen, den Behälter durch Ansaugen der losen Gebirgsmassen füllt, worauf dieser mit Hilfe des Bügels *d*, unter welchen der hochgezogene Gabelbügel *a* faßt, zutage gezogen wird.

Die für Gestängebohren bestimmten Bohrwerkzeuge erhalten, wie meistens bei der Tiefbohrung, einen Gewindekopf, auf welchen das unterste Gestängestück mit einer Mutterschraube aufgeschraubt wird; in ähnlicher Weise werden die einzelnen Gestängestücke unter sich verbunden. Durch die Anordnung der Mutterschrauben am unteren und der Vaterschrauben am oberen Ende der Gestängeteile wird eine Verunreinigung der Gewindegänge durch Bohrschlamm nach Möglichkeit verhütet. Der Bund oder die Verdickung unterhalb eines jeden Gestängekopfes dient zum Abfangen des Gestänges beim Aus- und Einfördern und außerdem für den Angriff der Fangwerkzeuge.

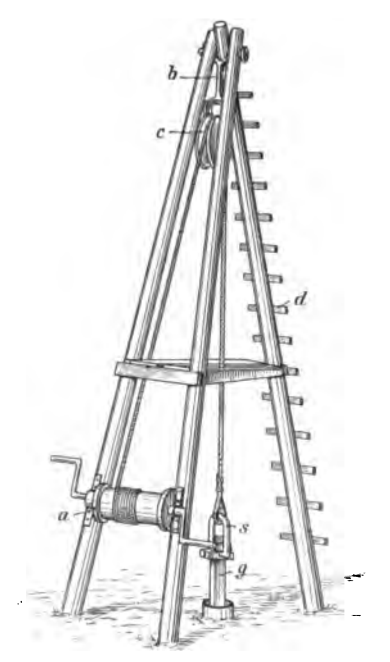


Fig. 78. Dreibein für kleine Drehbohrungen.

Die Drehung des Bohrwerkzeugs bewirkt man von Hand, und zwar durch Krückel, welche bei ganz kleinen Bohrungen den Kopf des Gestänges bilden (Fig. 74), in der Regel aber unterhalb des Antriebs durch Ösen im Gestänge gesteckt werden, wobei dann eine Drehung des Seils, an dem das Gestänge hängt, durch Einschaltung eines Wirbels nach Fig. 80 auf S. 79 verhütet wird. Andere Krückel umfassen nach Art der Gestängeschlüssel (s. u.) das Gestänge von außen; letzteres wird dann zweckmäßig an der Angriffstelle viereckig hergestellt oder wenigstens an 2 gegenüberliegenden Stellen abgeflacht. Durch Verlängerung der Krückelarme kann das gleichzeitige Arbeiten mehrerer Leute ermöglicht werden.

Bei derartigen Bohrarbeiten genügt für mäßige Teufen (bis zu 100 m) ein einfacher, meist 4—10 m hoher Dreifuß nach Fig. 78, an welchem das Gestänge durch Vermittlung eines Seiles, das über eine an einem Haken *b* hängende Rolle *c* geführt wird und sich von einem Haspelrundbaum *a* abwickelt, so aufgehängt wird, daß es nach Bedarf während des Bohrens nachgelassen werden kann; der Rundbaum wird, wie die Figur zeigt, auch zum Aus- und Einfördern des Gestänges *g* benutzt. Die Befahrung des Dreifußes wird durch Leitersprossen *d* an einem Pfosten ermöglicht.

Die Herausbeförderung des Bohrschmandes erfolgt, wie erwähnt, durch die Bohrwerkzeuge selbst, welche zu diesem Zwecke von Zeit zu Zeit zutage geholt werden.

B. Die Tiefbohrung im festen Gebirge.

7. — **Einteilung.** Für die Durchbohrung festerer Gebirgschichten kommt in erster Linie das stoßende oder Meißelbohren in Betracht, welches sich für alle möglichen Festigkeits- und Härtegrade eignet. Jedoch kann auch drehendes Bohren mit Vorteil Verwendung finden, aber nicht, wie bei der eben beschriebenen Drehbohrung, mit schneidend, sondern mit schabend oder mahlend wirkenden Bohrwerkzeugen (Diamantbohrung).

Das stoßende Bohren ist entweder ein Bohren am Gestänge oder ein solches am Seil. Bei dem weitaus wichtigsten Gestängebohren kann man wieder unterscheiden: das (englische) Bohren mit starrem Gestänge, das (deutsche) Bohren mit Zwischenstücken, das Bohren mit starrem, aber federnd aufgehängtem Gestänge (Schnellschlagbohrung) und das Bohren mit Wasserschlag und unbewegtem Gestänge. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß das stoßende Bohren mit absatzweiser und mit ununterbrochener Schlammförderung (d. h. ohne und mit Wasserspülung) erfolgen kann, wogegen das Diamantbohren immer mit Wasserspülung verbunden ist.

a) Stofsendes Bohren.

1. Das Gestängebohren.

Ältere Bohrverfahren. (Englisches und deutsches Stoßbohren.)

1. Das Bohren ohne Wasserspülung.

8. — **Einleitung.** Das englische Bohren mit steifem Gestänge ist nur in mäßigen Teufen (bis zu etwa 100 m) anwendbar, weil darüber hinaus das Gestänge zu stark auf Knickung beansprucht wird und die Bohrlochstöße zu sehr durch das Schlagen des Gestänges angegriffen werden. Dagegen kann das deutsche Bohren mit Zwischenstücken, welche das Gestänge entlasten, auch in großen Teufen noch mit Vorteil Verwendung finden.

9. — **Bohrtürme.** Über Tage ist ein Bohrturm für die Förderung und Aufhängung der Gestängestücke nebst den für Schmiede, Magazin, Bureau u. dergl. dienenden Anbauten erforderlich. Der Turm wird in der Regel durch 4 starke Eckstützen mit Verstrebung und Verschalung gebildet und wird um so höher und fester gebaut, je tiefer das Bohrloch werden soll, da eine möglichst große Höhe des Turmes auch die Ver-

wendung entsprechend langer Gestängestücke und damit eine wesentliche Beschleunigung des Gestängeaufholens und -einlassens gestattet und anderseits tiefe Bohrlöcher mit ihren großen Gestängelängen eine starke Belastung des Turmes bedeuten. Für sehr tiefe Bohrlöcher werden die Bohrtürme auf Mauerfundamente gesetzt; auch empfiehlt sich für solche Bohrlöcher die Herstellung eines sog. Bohrschachtes, welcher gewissermaßen die untere Verlängerung des Bohrturmes bildet und die Förderung sehr langer Gestängezüge (d. s. Verbindungen mehrerer Gestängestücke mit bis zu 30 m Gesamtlänge) ohne übermäßige Höhe des Bohrturmes gestattet. Für Bohrarbeiten, bei denen es sich um die möglichst schnelle Herstellung einer größeren Anzahl Bohrlöcher von mäßiger Tiefe handelt, finden mit

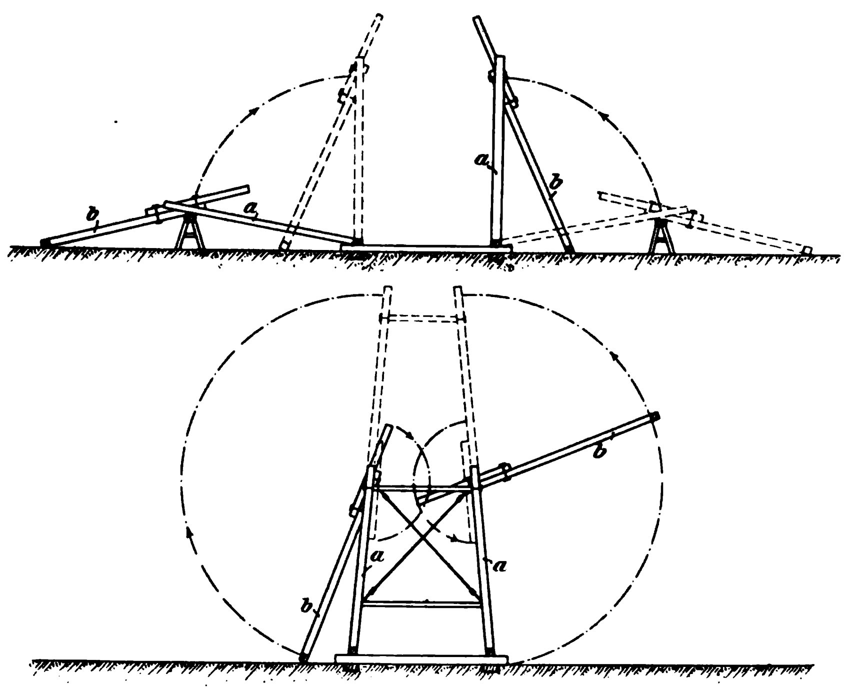


Fig. 79. Zusammenklappbarer Bohrturm nach Thumann.

Vorteil die zusammenklappbaren Bohrtürme von H. Thumann in Halle (Fig. 79) Verwendung. Sie bestehen aus 4 Holzstützen, die sich aus je 2 durch ein Gelenk verbundenen Teilen *a* und *b* zusammensetzen. Nachdem die Sohlschwellen verlagert sind, werden die Eckbäume zunächst in die oben links gezeichnete Stellung gebracht, dann mittels Haspels in die rechts gezeichnete Stellung hochgezogen und nun zunächst durch Ankerstangen und Spannseile zu einem steifen Gerüst verbunden (s. untere Figur). Darauf erfolgt das Aufrichten der oberen Turmhälften *b* und ihre Verspreizung durch Ankerstangen. Die ganze Arbeit kann von 8 Mann in 10 Stunden erledigt werden, so daß, da die Anbringung der Verschalung Zeit hat, unter günstigen Umständen schon am Abend desselben Tages die Bohrung beginnen kann.

10. — **Antrieb.** Die stoßende Auf- und Abbewegung des Gestänges erfolgt bei geringen Teufen (in zivilisierten Ländern bis zu etwa 100 m) noch vielfach durch Menschenkraft. Tiefen bis zu ca. 10 m können in der Weise erbohrt werden, daß das Gestänge an einem über eine Rolle geführten Seile hängt, an dessen anderem Ende die Leute ziehen; im übrigen kommt ein meist aus zähem Holz bestehender Hebel, der sog. Bohrschwengel, zur Verwendung, an dem vorn das Gestänge hängt, während hinten an einem oder mehreren Querbäumen die Bohrmannschaft angreift; der Schwengel ist in einem einfachen Holzgestell, der sog. Bohrdocke verlagert; zur Hubbegrenzung nach oben und unten dienen hölzerne Prellvorrichtungen am hinteren Schwengelende, welche vermöge ihrer starken Federung den Hubwechsel erleichtern und beim Bohren mit gewissen Freifallapparaten (s. u.) das Abwerfen des Abfallstückes herbeiführen helfen.

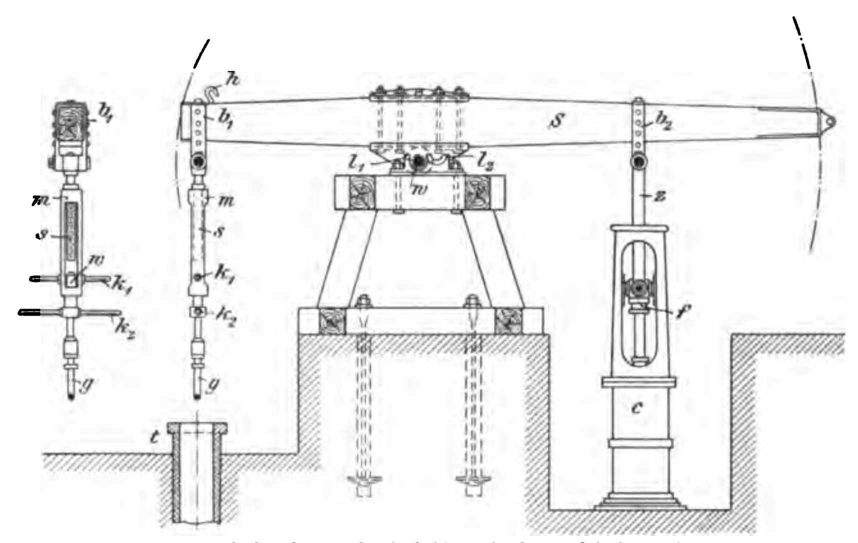


Fig. 80. Bohrschwengel mit Schlagzylinder und Bohrtäucher.

Für größere Teufen kommt durchweg maschineller Antrieb in Frage, und zwar spielt hier zurzeit noch die Dampfkraft die Hauptrolle, weshalb bei der Wahl des Aufstellungsortes für den Bohrturm die Möglichkeit billiger Beschaffung von Speisewasser zu berücksichtigen ist. Die Maschinenkraft greift am hinteren Ende des Bohrschwengels an und besteht entweder aus einem vertikalen Schlagzylinder, dessen Kolbenstange durch ein Gelenk mit dem Schwengelende verbunden ist (Fig. 80), oder aus einem Kurbelgetriebe, dessen Pleuelstange in ähnlicher Weise den Schwengel faßt und das in der Regel von einer Lokomobile aus durch Treibriemen u. dergl. in Drehung versetzt wird (vergl. die weiter unten beschriebenen Schnellschlag-Bohreinrichtungen). Soll die Bohrlochmitte, z. B. zum Zweck der Gestängeförderung, freigegeben werden, so kann der Schwengel an dem Haken *h* hochgehoben und in das hintere Lager l_2 gelegt werden.

Für die Art der Befestigung des Gestänges und der Antriebvorrichtung am Bohrschwengel liefert die Fig. 80 ein Beispiel.

11. — Obere Zwischenstücke. Zwischen Schwengelkopf und Gestänge werden bei dem einfachen Schwengelbohren folgende Kopfstücke (Fig. 80) eingeschaltet:

a) Die mittels eines Gelenks aufgehängte Nachlaß- oder Stellschraube s, welche das allmähliche Nachsenken des Gestänges entsprechend dem Fortschreiten der Bohrarbeit ermöglicht. Sie besteht aus einer Schraubenspindel, deren Mutter m sich in eine sog. Schere verlängert, an welcher das Gestänge angreift. Man kann auch umgekehrt die Spindel mit dem Gestänge und die Schere mit dem Schwengel verbinden.

b) Der unter- oder oberhalb der Stellschraube angeordnete Wirbel w. Er gestattet das Umsetzen des Gestänges nach jedem Hube, damit der Meißel nach und nach die ganze Bohrlochsohle bestreichen kann. Zu diesem Zwecke wird der durch eine Öse unterhalb des Wirbels gesteckte Krückel k_2 benutzt. Die Drehung der Stellschraubenmutter, welche je nach der Gesteinshärte verschieden rasch erfolgen muß, wird entweder durch einen zweiten, durch eine Öse in der Schere gesteckten Krückel k_1 oder dadurch ermöglicht, daß eine Arretierung vorhanden ist, welche für gewöhnlich die Mutter während des Umsetzens festhält, nach Bedarf aber zum Zwecke des Nachlassens aufgehoben werden kann, so daß dann durch den Umsetzkrückel auch die Stellschraube abgedreht wird.

Ist die Stellschraube abgedreht, so muß das Gestänge abgefangen, von der Stellschraube gelöst und die letztere wieder hochgedreht werden, worauf zwischen Stellschraube und Gestänge Paßstücke von einer der Länge der Stellschraube oder einem Vielfachen derselben entsprechenden Länge eingeschaltet werden, bis für ein ganzes Gestängestück Platz geschaffen ist.

Wie hieraus ersichtlich ist, verursacht die Stellschraube zahlreiche Unterbrechungen des Bohrbetriebes und einen dementsprechend großen Zeitverlust, der um so mehr ins Gewicht fällt, je schneller der Bohrmeißel vordringt. Durch möglichst große Länge der Stellschraube läßt sich dieser Zeitverlust allerdings herabdrücken; jedoch ist auch dieses Hilfsmittel für schnell fortschreitende Bohrungen von nur geringer Bedeutung, ganz abgesehen davon, daß die Verlängerung der Schraube sehr bald ihre Grenze findet. In neuerer Zeit sind daher verschiedene andere Nachlaßvorrichtungen eingeführt worden, welche eine wesentliche Beschleunigung der Bohrarbeit ermöglichen und deren wichtigste weiter unten beschrieben werden sollen.

12. — Gestänge. Das Gestänge besteht bei neueren Bohrungen in der Regel aus schmiedeeisernen, meist massiven Stangen. Die Stärke, welche diesen zu geben ist, hängt von der Tiefe des Bohrlochs und der Art des Bohrens ab: während bei drehendem Bohren ein sehr kräftiges, weil auf Verdrehung beanspruchtes Gestänge erforderlich ist, kann man beim stoßenden Bohren mit geringeren Querschnitten auskommen, und beim stoßenden Bohrbetriebe wiederum erfordert das englische Bohren mit starrem Gestänge einen größeren Gestängequerschnitt als das deutsche

Bohren mit Zwischenstücken, weil das Gestänge bei ersterem auch auf Knickung, bei letzterem nur auf Zug beansprucht wird.

Die Länge der einzelnen Gestängestücke nimmt man bei tieferen Bohrungen möglichst groß, bis zu etwa 8—10 m, um mit möglichst wenig Verbindungstellen auszukommen und den Zeitverlust beim Einlassen und Aufholen des Meißels möglichst zu beschränken; aus dem letzteren Grunde vereinigt man auch, falls die Höhe des Bohrturmes es gestattet, nach Möglichkeit für die Förderung mehrere Gestängestücke zu „Stangenzügen".

Der Querschnitt kann quadratisch oder rund sein. Rundgestänge stehen vorzugsweise in Anwendung; sie erhalten aber zweckmäßig an den Verbindungstellen quadratischen Querschnitt, um den Angriff des Bohrkrückels zu erleichtern. Quadratisches Gestänge wird vorzugsweise für geringe Teufen benutzt. — Die Verbindung der einzelnen Stücke erfolgt meist durch Verschraubung, wie in Fig. 81.

Fig. 81. Holzgestänge.

Hölzerne Gestänge, am besten aus dem astfreien Nadelholz hergestellt, eignen sich nur für weite Bohrlöcher, in denen mit deutschen Zwischenstücken gearbeitet wird und daher keine starke Beanspruchung des Gestänges stattfindet. Der Auftrieb in nassen Bohrlöchern wirkt beim Hochgange des Gestänges fördernd, beim Niedergange hemmend. Nachteilig ist die Empfindlichkeit der hölzernen Stangen gegen Frost und Hitze. Eine viel gebräuchliche Verbindung mit Hilfe eiserner Gabeln, die durch warm übergezogene Ringe am Holze befestigt sind und ihrerseits durch Verschraubung verbunden werden, zeigt Fig. 81.

13. — Meißel. Das Gestänge trägt unten das Bohrwerkzeug, den Bohrmeißel. Der einfache Meißel besteht (Fig. 82) aus dem Spaten oder

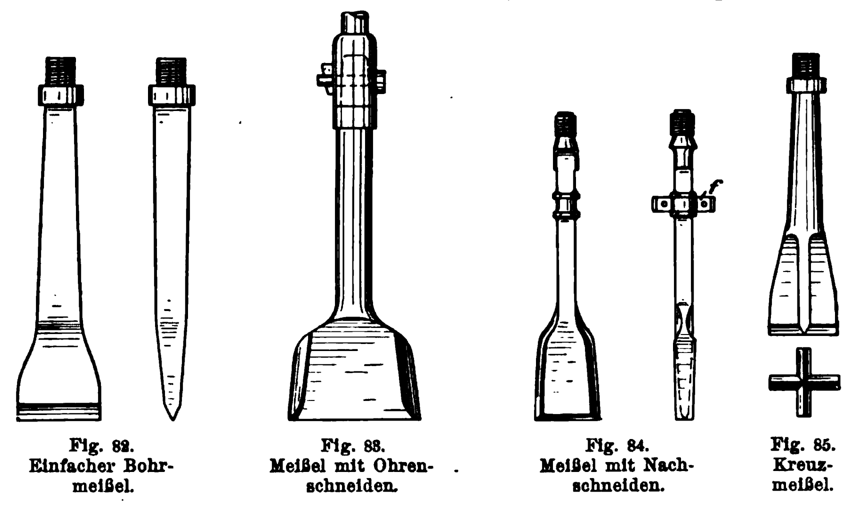


Fig. 82. Einfacher Bohrmeißel. Fig. 83. Meißel mit Ohrenschneiden. Fig. 84. Meißel mit Nachschneiden. Fig. 85. Kreuzmeißel.

Blatt mit der Schneide, aus dem Schaft und dem Bund mit Schraubenkopf. Die Schneide ist jetzt in der Regel geradlinig, weil sie dann die kräftigste

Wirkung des Schlages gestattet. Der Winkel, den die beiden Schneidenflächen miteinander bilden, muß um so spitzer sein, je milder das Gestein ist. Wegen der starken Beanspruchung des Meißels empfiehlt es sich, ihn aus bestem Tiegelgußstahl herzustellen und überhaupt keine Kosten zu scheuen, um ihn so widerstandsfähig wie möglich zu machen, da Meißelbrüche die Bohrarbeit außerordentlich aufhalten können. Die Verbindung des Meißels mit dem Gestänge erfolgt entweder durch Verschraubung (Fig. 82) oder durch ein Keilschloß nach Fig. 83; letzteres wird in weiten Bohrlöchern vorgezogen, da es widerstandsfähiger ist und schneller befestigt und gelöst werden kann als ein Schraubenschloß. — Eine gute Ausrundung des Bohrlochs wird durch Meißel mit Ohrenschneiden (Fig. 83) ermöglicht. In klüftigem oder steil einfallendem Gebirge finden mit Vorteil Meißel mit Nachschneiden Verwendung, von denen Fig. 84 einen mit quer zum Spaten gestellten Nachschneiden zeigt. Für sehr hartes, zerklüftetes Gestein eignet sich der Kreuzmeißel nach Fig. 85, welcher nicht in den Klüften stecken bleibt. Will man zur genaueren Erkennung der Gesteinsbeschaffenheit einen Kern gewinnen, so bedient man sich des Kernbohrers (Fig. 87).

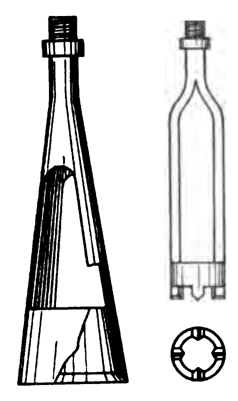


Fig. 86. Bohrbüchse. Fig. 87. Kernbohrer.

Ein meißelähnliches Gezähe, welches, auf- und abbewegt, zur nachträglichen Beseitigung von Unebenheiten an den Bohrlochstößen dient, ist die Bohrbüchse (Fig. 86).

Zur Erzielung einer genügenden Schlagkraft ist namentlich bei hartem Gestein ein möglichst großes Meißelgewicht erforderlich. Da der Meißel selbst nicht zu schwer gemacht werden darf, damit er nicht zu unhandlich wird, so gibt man ihm zweckmäßig ein Zusatzgewicht in Gestalt der sog. „Schwerstange" (auch „Bohrbär" genannt), d. h. einer massiven Eisenstange von rundem oder quadratischem Querschnitt, welche in der Regel mit dem Gestänge durch Verschraubung, mit dem Meißel durch ein Keilschloß verbunden wird und eine Länge bis zu etwa 6 m, ein Gewicht bis zu 5000 kg erhält.

Die Schwerstange ist für das Bohren mit Freifall (siehe Ziffer 14) unentbehrlich, findet aber auch beim Bohren mit Rutschschere meistens Verwendung.

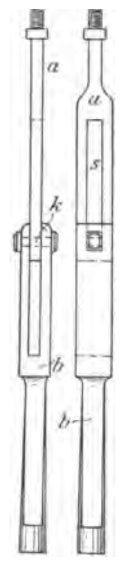


Fig. 88. Rutschschere nach Kind.

14. — Untere Zwischenstücke. Das für das deutsche Stoßbohren bezeichnende Zwischenstück kann eine Rutschschere oder ein Freifallapparat sein.

Die Rutschschere (Fig. 88) besteht in der älteren, von Kind angegebenen Bauart aus 2 gegeneinander verschiebbaren Stücken, von denen das untere Stück *b*, welches den Meißel trägt, sich mit dem Bolzen *k* in dem Schlitz *s* des oberen Stückes *a* führt. An dem letzteren ist das Gestänge befestigt, das somit nach dem Meißelschlage sich unbehindert langsam nachsenken kann.

Einer noch weiter gehenden Loslösung des Meißels vom Gestänge begegnen wir bei den verschiedenen Freifallvorrichtungen, welche den Meißel während des Schlages vollständig freigeben. Aus der großen Zahl der verschiedenen Bauarten seien hier nur folgende 3 herausgegriffen:

1. Der Freifallapparat nach Kind (Fig. 90). Das den Meißel tragende Abfallstück wird mittels des Kopfes *h* während des Hochganges des Gestänges von den Haken der Scherenzungen $s_1 s_2$ festgehalten, welche letzteren um Mittelbolzen drehbar verlagert sind. Diese Bolzen sind in den Wangen *w* des Führungsstückes befestigt, welches seinerseits mit dem Gestänge fest verbunden ist. Geht das Gestänge nach unten, so schiebt der Gegendruck des im Bohrloche stehenden Wassers das auf dem Gestänge gleitende „Hütchen" *t* aufwärts (wobei dessen Hub durch einen Bund begrenzt wird) und öffnet dadurch mit Hilfe der Zugstange *z* und der Brücke *b* die Schere, so daß diese das Abfallstück fallen läßt. Ein seitliches Kippen des letzteren wird dabei durch dessen Klauenstücke *p* sowie durch den Führungschlitz *n* verhindert, in welchem der den Fall begrenzende Keil *k* gleitet. Die Vorrichtung verlangt also ein mit Wasser (mit nicht zuviel Strömung) gefülltes Bohrloch. Es lassen sich mit ihr 20—35 Hübe in der Minute machen, wobei die Hubhöhe in festem Gebirge bis zu etwa 0,8 m genommen wird. Für enge Bohrlöcher und stark schlammiges Wasser ist der Apparat weniger geeignet.

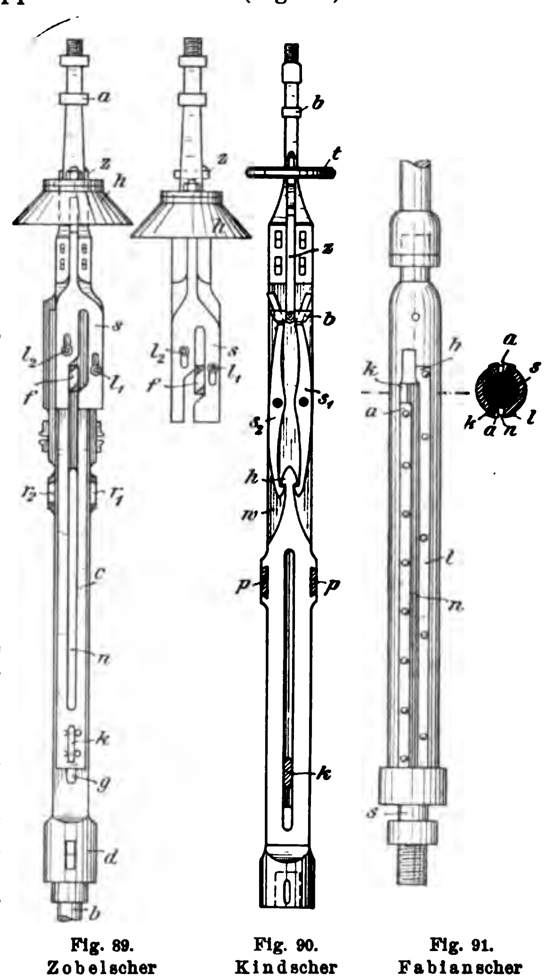


Fig. 89. Zobelscher Freifallapparat. Fig. 90. Kindscher Freifallapparat. Fig. 91. Fabianscher Freifallapparat.

2. Der Fabiansche Freifall (Fig. 91). Er ist nicht auf nasse Bohrlöcher beschränkt und wegen seiner Einfachheit weit verbreitet, strengt allerdings den Krückelführer stark an, weil dieser beim Umsetzen

dem Gestänge einen Ruck geben muß, um das Freifallstück *s* abzuwerfen. Dieses trägt oben 2 Flügelkeile *k*, welche sich in den Schlitzen *n* führen und durch den Ruck im Gestänge von ihren Sitzen *a* heruntergeworfen werden, auf die sie, wenn das Gestänge nachsinkt, durch die Abschrägungen *b* selbsttätig wieder herübergedrängt werden. Die Ränder der Führungschlitze werden durch Stahlschienen *l* geschützt.

Das Abwerfen des Abfallstückes wird durch Prellvorrichtungen am Bohrschwengel unterstützt. Die Hubhöhe beträgt bis zu 0,6 m, die Schlagzahl 25—30 in der Minute. Wegen der Erschütterung des Gestänges beim Abwerfen ist die Vorrichtung für große Tiefen nicht geeignet.

3. Der Freifall nach Zobel (Fig. 89). Dieser Apparat kann als eine andere Ausgestaltung des Fabianschen aufgefaßt werden. Er beruht, wie der Kindsche, auf der Wirkung des Wasserdrucks, welcher beim Niedergange des Gestänges das Hütchen *h* und das mit diesem verbundene Gleitstück *s* anhebt, welches letztere sich vermöge kleiner Schlitze über die Schraubenstifte $l_1 l_2$ herüberschieben kann. Der Flügelkeil *f* ist hier nicht fest mit dem Abfallstück *d* verbunden, sondern drehbar in dieses eingesetzt; außerdem ist er an allen 4 Ecken mit Abschrägungen versehen, so daß sein rechteckiger Vertikalschnitt nach außen in einen rhombischen übergeht. Mit der horizontalen Grundfläche des rechteckigen Teiles ruht der Keil beim Hochgange des Gestänges auf den Sitzflächen des oberen Stückes *c*; mit den rhombischen Endflächen dagegen greift er in die Abschrägungen des Schieberstückes *s*, welche ihn zu einer kleinen Drehung zwingen, so daß die Aufwärtsbewegung des Schiebers durch den Wasserdruck beim Niedergange des Gestänges mit Hilfe der unteren Schieberabschrägungen den Flügelkeil etwas dreht, ihn dadurch von seinen Sitzflächen abwirft und so den freien Fall des Meißels ermöglicht, dagegen der mit dem Gestänge nach unten sinkende Schieber mit seinen oberen Abschrägungen den Flügelkeil wieder zurückdreht und wieder auf die Sitzflächen drückt. Die Einrichtung hat sich besonders in tiefen Bohrlöchern gut bewährt.

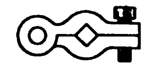
Ein Vergleich der Rutschschere mit dem Freifall ergibt, daß bei mäßigen Tiefen, wo das Gestängegewicht noch keine zu große Rolle spielt, die Rutschschere eine größere Hubzahl gestattet als der Freifall und daß die Schlagwirkung der Rutschschere derjenigen des Freifalls unter sonst gleichen Bedingungen überlegen ist, wenn mindestens 60 Hübe in der Minute bei 0,6 m Hubhöhe gemacht werden können. Im übrigen läßt sich die Wirkung der Rutschschere durch Steigerung der Hubzahl, diejenige des Freifalls durch Vergrößerung der Hubhöhe verstärken. Für enge Bohrlöcher eignet sich nur die Rutschschere, für weite und tiefe Bohrlöcher vorzugsweise der Freifall.

15. — **Hilfsvorrichtungen.** Von Hilfsvorrichtungen, welche zum großen Teile nicht nur für das stoßende Bohren, sondern für den Bohrbetrieb überhaupt erforderlich sind, sollen hier genannt werden:

1. Der Bohrtäucher (*t* in den Figuren 80 und 108), ein in der Regel eisernes Rohr, welches dazu dient, beim Bohren der ersten Meter eines Bohrloches die gute Vertikalführung des Bohrgestänges zu ermöglichen. Er wird senkrecht in den Boden eingetrieben oder, falls ein Bohrschacht

(S. 78) vorhanden ist, durch entsprechende Abspreizungen senkrecht in dessen Mitte befestigt.

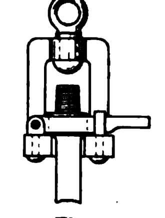
2. Die Bohrschere (Fig. 92), bestehend aus zwei, durch ein Gelenk verbundenen Schenkeln, welche auf das Bohrloch gelegt werden, um das Hineinfallen von Gegenständen in dasselbe zu verhüten und welche in der Mitte eine Öffnung für das Bohrgestänge haben.


Fig. 92. Bohrschere.

3. Die Meißel-Lehre, eine Schablone, mit welcher die Meißelbreite vor dem Einlassen des Meißels geprüft wird, um den Bohrlochdurchmesser gleichmäßig zu erhalten.

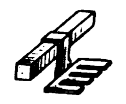
4. Die zum Einlassen und Aufholen der Gestängestücke unmittelbar und mittelbar verwendeten Geräte, nämlich:

a) Der Förderstuhl (Krückelstuhl, Stuhlkrückel). Er dient zum Anschlagen des Gestänges an das Förderseil. Der in Fig. 93 dargestellte Förderstuhl ist mittels eines Wirbels am Seil befestigt und greift mit seiner Gabel unter den oberen Bund des Gestängestückes, welches dann durch eine Klinke festgehalten wird.


Fig. 93. Förderstuhl.

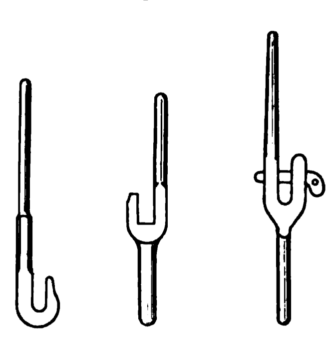
b) Die Abfanggabel, welche unter den Bund des jeweilig obersten Gestängestückes faßt und das Gestänge während des An- und Abschlagens des nächsthöheren Stückes und des Förderstuhles festhält.

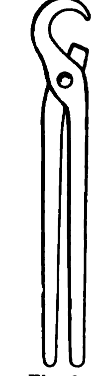
c) Der Gestängerechen (Fig. 94), zur Aufhängung der Gestängestücke oder Stangenzüge dienend.


Fig. 94. Gestängerechen.

d) Das Bohrbündel, ein einer Bohrschere ähnliches Klemmstück, das fest an das Gestänge geklemmt werden kann, um in Ermangelung angeschmiedeter Bunde oder Wulste einen Halt zu bieten, an den Ketten, Seile u. dergl. angeschlagen werden können.

e) Die Gestängeschlüssel (Fig. 95), welche in ein- und zweimännischer Ausführung zum Halten, Drehen, An- und Abschrauben des Gestänges usw. fortwährend gebraucht werden. Massive Gestänge erhalten für den Angriff des Schlüssels meist quadratischen Querschnitt über bezw. unter den Bunden, während ein für Rohrgestänge bestimmter Gestängeschlüssel (Rohrzange) aus Fig. 96 ersichtlich ist.


Fig. 95. Gestängeschlüssel für ein- und zweimännischen Angriff.


Fig. 96. Rohrzange.

5. Der Schlammlöffel, eine zylindrische Büchse nach Art der in Fig. 76 dargestellten Klappen- oder Ventilbohrer, zum Herausbefördern des während des Bohrens entstehenden Bohrschmandes bestimmt. Er wird nach einem Fortschritt von 0,5—1 m mehrere Male eingelassen und durch mehrmaliges Auf- und Abbewegen gefüllt.

6. Der Kernfänger. Er dient zum Losbrechen und Aufholen der nach Bedarf mit dem Kernbohrer (Fig. 87) erbohrten Gesteinskerne. Der in Fig. 97 dargestellte Fänger besteht aus dem Hohlzylinder c und dem zwischen den beiden Bunden dieser Büchse verschiebbaren Ringe m. Ist der Fänger auf der Sohle angekommen, so sinkt das Gestänge mit dem Ringe m nach, bis dieser mit Hilfe der Feder d, die er in den Kern einpreßt, diesen abgebrochen hat, worauf der Fänger mit dem Kern hochgezogen werden kann.

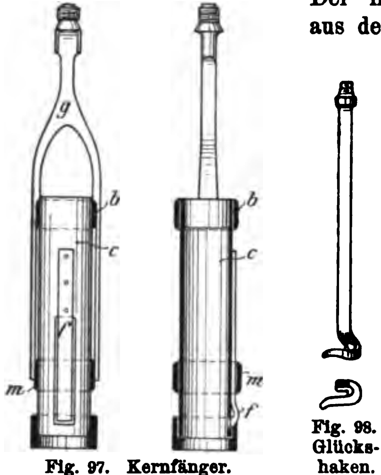


Fig. 97. Kernfänger.

Fig. 98. Glückshaken.

7. Die bei Betriebsstörungen und Unfällen zur Verwendung kommenden Geräte:

a) Der Glückshaken (Fig. 98). Er wird zum Fangen und Aufholen des Gestänges im Fall eines Gestängebruches und zwar dann verwendet, wenn der Bruch dicht über einem Bund liegt, unter welchen der Haken fassen kann.

b) Die Schraubentute oder Fangglocke (Fig. 99). Dieses Gezähes bedient man sich bei denjenigen Gestängebrüchen, bei welchen die Bruchstelle hoch über einem Bunde liegt und somit bei Anwendung des Glückshakens das über diesem aufragende Gestängestück sich in die Bohrlochstöße einbohren würde. Die Schraubentute kann bei Voll- sowohl wie bei Hohlgestänge Verwendung finden; sie schneidet ihre Gewindegänge auf das abgebrochene Stück, so daß sie mit diesem aufgeholt werden oder, falls die Widerstände zu groß sind, zum Abschrauben des gebrochenen Stückes benutzt werden kann. Zu diesem Zwecke müssen die Verschraubungen des Fanggestänges denen des Bohrgestänges entgegengesetzt geschnitten sein.

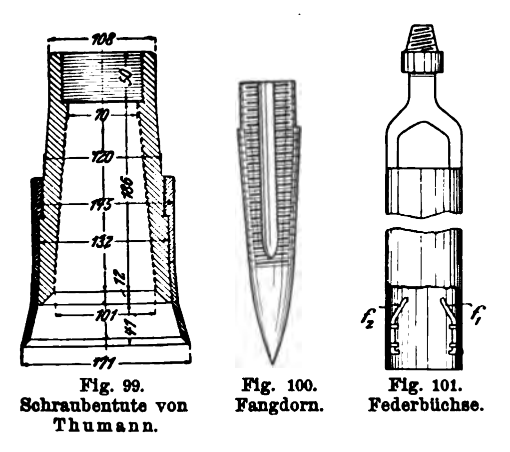


Fig. 99. Schraubentute von Thumann.

Fig. 100. Fangdorn.

Fig. 101. Federbüchse.

Eine für das Fangen von gebrochenem Hohlgestänge bestimmte Umkehrung der Schraubentute stellt

c) der Fangdorn dar, eine mit Vertikalkanälen zur Aufnahme der abgedrehten Eisenspähne versehene, unten spitz zulaufende Schraubenspindel (Fig. 100) aus gehärtetem Stahl, welche sich in das Gestängerohr hineinschneidet und dann mit diesem hochgezogen wird.

d) Die Federbüchse (Fig. 101), ein inwendig mit federnden Stützen $f_1 f_2$ versehener Hohlzylinder. Die Federn gleiten über den

Kopf eines zu fangenden Gestängestückes hinweg und fassen sodann unter denselben. Die Vorrichtung eignet sich nur für Gestänge von geringer Länge.

e) Der Eisenfänger, ein zum Aufholen kleinerer Eisenteile, wie Meißelbruchstücke und dergl., von der Sohle dienendes Gerät. Die Zobelsche Bauart desselben zeigt 2 zu einer „Nürnberger Schere“ vereinigte Klauen, welche nach Ankunft auf der Sohle durch Hochziehen des oberen Scherenbolzens mittels entsprechender Drehung einer Schraubenspindel zusammengezogen werden und den Gegenstand zwischen sich fassen, während dessen seitliches Ausweichen durch seitliche Gabelarme verhindert wird.

f) Der Fangmagnet, ein kräftiger Elektromagnet, der dort, wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, mit gutem Erfolge zum Aufholen eiserner Bruchstücke Anwendung finden kann, die er, auf der Sohle angekommen, nach Schließung des Stromkreises anzieht und festhält.

g) Die Abdruckbüchse. Man versteht darunter eine unten offene, mit Wachs oder Ton gefüllte Büchse, welche im Falle von Störungen des Bohrbetriebes dazu dienen kann, einen Abdruck der Bohrlochsohle mit den darauf liegenden Gegenständen zu liefern, außerdem aber auch kleine Teile, wie z. B. Eisenbruchstücke oder Bohrdiamanten, durch Einpressen derselben in die Tonfüllung zutage zu bringen gestattet.

h) Der Löffelhaken (Fig. 102), eine mit mehreren Widerhaken versehene Eisenstange, zum Fangen von Schlammlöffeln und ähnlichen, oben in einen Bügel endigenden Arbeitsstücken bestimmt.

Fig. 102. Löffelhaken.

i) Der Fräser, ein dem Fangdorn ähnliches stählernes Gezähestück, welches im äußersten Notfalle zu Hilfe genommen wird, um im Falle von Verklemmungen u. dergl. die auf andere Art nicht zu beseitigenden Teile durch Zerschneiden in kleine Spähne zu entfernen und das Bohrloch wieder frei zu machen.

2. Das Bohren mit Wasserspülung.

16. — Vorteile der Wasserspülung. Im vorstehenden ist zunächst, der älteren Bohrweise entsprechend, die Schlammförderung mittels des Schlammlöffels vorausgesetzt worden. Diese das Bohren jedesmal unterbrechende Beseitigung des Bohrschmandes ist jedoch in neuerer Zeit mehr und mehr durch die ununterbrochene Schlammförderung mit Hilfe der Wasserspülung verdrängt worden. Diese bietet nämlich folgende Vorteile:

1. Der mit dem Löffeln verbundene erhebliche Zeitverlust, welcher durch das jedesmalige Aufholen und Wiedereinlassen des Meißels verursacht wird und um so schwerer wiegt, je schneller der Bohrfortschritt und je tiefer das Bohrloch ist, fällt weg; das Aufholen des Meißels ist im regelrechten Betriebe nur zum Zwecke seiner Schärfung erforderlich. Zu diesem unmittelbaren Zeitgewinn kommt noch der mittelbare, welcher darin liegt, daß infolge des selteneren Aufholens und Einlassens des Ge-

stänges auch die Gefahr von Gestängebrüchen und ähnlichen Störungen, welche gerade bei diesen Arbeiten häufig vorkommen und den Bohrbetrieb unter Umständen wochen-, ja monatelang aufhalten oder seine Fortsetzung ganz unmöglich machen können, wesentlich verringert wird.

2. Die Schlagwirkung des Meißels wird bedeutend erhöht und sein Verschleiß wesentlich verringert, da er nicht erst den Bohrschmand zu durchdringen braucht; gleichzeitig erhöht sich auch aus demselben Grunde die Bohrleistung noch durch die Möglichkeit, mit zahlreicheren und kürzeren Hüben arbeiten zu können.

3. Das Hohlgestänge bietet gegenüber dem massiven Gestänge noch verschiedene Sondervorteile: seine Widerstandsfähigkeit gegen Zug, Druck, Knickung, Stoß und Verdrehung ist größer; auch sind die Verschraubungen wegen ihres größeren Durchmessers kräftiger.

4. Die Gewinnung von Kernen ist wesentlich erleichtert.

Nur beim Ölbohren ist die Zulässigkeit des Spülbohrens noch bestritten, da eine Verdünnung des Öles oder das Übersehen von Öllagerstätten beim Bohrbetriebe befürchtet wird. Jedoch neigt sich nach neuerdings angestellten Versuchen auch hier die Wage zugunsten des Spülbohrens, wenngleich zurzeit noch der weitaus größte Teil aller Erdölquellen auf dem Wege der Trockenbohrung erschlossen wird.

Beim Bohren im Salzgebirge muß mit Sole gespült werden.

17. — **Richtung und Erzeugung des Spülstroms.** In der Regel wird der Spülwasserstrom innerhalb des Bohrgestänges abwärts und dementsprechend der Schlammstrom zwischen diesem und der Bohrlochwandung aufwärts geführt. Jedoch kann in festem und kluftfreiem Gebirge auch umgekehrt gespült, also der Schlamm im Gestänge hochgefördert werden, was wegen des geringeren Gestängequerschnitts eine schnellere Wasserströmung im Gestänge und dementsprechend die Förderung größerer Brocken sowie das selbsttätige Hochsteigen von Kernstücken gestattet, auch die Erkennung einer Lagerstätte bald nach dem Anbohren ermöglicht.

Das Spülbohren erfordert verschiedene Hilfseinrichtungen und einige Abänderungen der älteren Bohrgeräte:

1. Die Beschaffung des nötigen Spülwassers unter dem erforderlichen Druck. Nur selten steht hierfür ein Wasserlauf mit natürlichem Gefälle zur Verfügung. Ist eine Wasserleitung vorhanden, so kann man unter Umständen diese benutzen. In der Regel aber sind besondere Pumpen erforderlich, welche bei kleinen Bohrungen von Hand bewegt, meistens aber mit Dampf betrieben werden, was gewöhnlich durch Vermittelung einer besonderen Riemenscheibe von der Betriebsmaschine aus geschieht.

Ist das zur Verfügung stehende Wasser knapp oder teuer, so klärt man es immer wieder ab und verwendet es dann von neuem.

2. Das Gestänge besteht jetzt in der Regel entweder aus patentgeschweißten schmiedeeisernen Rohren oder aus Mannesmann-Stahlrohren. Die Verbindung erfolgt durch Verschraubung nach den in der Fig. 103 *a—f* gegebenen Beispielen, nämlich entweder durch unmittelbare Verschraubung (*a—d*) oder durch Vermittlung von Nippeln (*e*) oder Muffen (*f*). Die

Rohre nach Fig. 103*c* haben den Vorteil, daß sie innen und außen glatt sind und für die Spülung keine Widerstände bieten; sie werden aber teuer und schwer, weil die Wandstärke so groß genommen werden muß, daß sie die Schwächung durch das Gewinde erträgt. Die Rohre nach Fig. 103*d* und *f* sind wenigstens innen glatt. Rohre mit Nippel- oder Muffenverbindung werden wegen der größeren Umständlichkeit der Verschraubung meist nicht für Gestänge, sondern für Verrohrungen benutzt.

Die Einleitung des Spülstromes in das Bohrloch erfolgt bei innerer Abwärtsspülung durch einen Drehkopf („Holländer"), bei innerer Aufwärtsspülung durch eine Stopfbüchse; im ersteren Falle wird die Druckwasserleitung an das Hohlgestänge angeschlossen, welches der Umsetzung halber gedreht werden muß, während sie im letzteren Falle mit der festen Verrohrung des Bohrlochs verbunden wird. Ein einfacher Drehkopf wird durch Fig. 117 auf S. 103 veranschaulicht. Die Druckwasserleitung *g* mündet

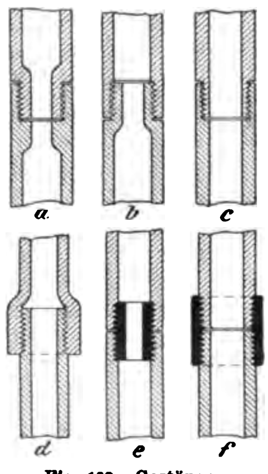


Fig. 103. Gestänge-verbindungen.

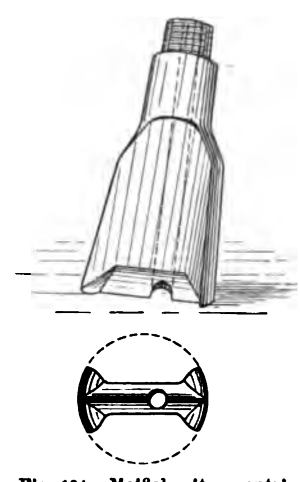


Fig. 104. Meißel mit exzentrischer Spülung.

mittels eines seitlichen Stutzens in das drehbare Mantelstück *f*, aus dem das Wasser durch die Schlitze *e* in das Hohlgestänge *s* überströmen kann.

3. Der Bohrmeißel muß eine Bohrung für das Spülwasser erhalten. Diese kann im oberen Teil des Meißels sich nach den beiden Außenseiten verzweigen (vergl. Fig. 122); sie kann aber auch, um die Spülung in wirksamer Weise bis auf die Bohrlochsohle zu führen, bei starkem Spülstrom bis in die Schneide selbst durchgeführt werden, in welchem Falle man, wenn keine Kerne gebohrt werden sollen, den Spülkanal neben der Mitte der Schneide endigen lassen muß (Fig. 104).

Ebenso muß naturgemäß auch die Schwerstange durchbohrt sein.

4. Von Zwischenstücken kommt hauptsächlich der Freifall in Betracht, der hier ebenfalls für den Durchgang des Spülstromes entsprechend gearbeitet und mit einer Stopfbüchse zur Vermeidung von Wasserverlusten versehen werden muß. Die dabei entstehende Reibung, welche die Schlagkraft verringert, muß mit in den Kauf genommen werden.

Die einfachsten Freifallapparate für Spülung sind die dem Fabianschen nachgebildeten.

Eine Aufhängung des Gestänges am Drehkopf ist bei einigermaßen tieferen Bohrlöchern nicht ratsam, weil dann der Drehkopf zu sehr leidet und das Umsetzen zu sehr erschwert wird. Besser ist es daher, unterhalb des Drehkopfes eine Muffe am Gestänge zu befestigen und an deren beiden Seiten die Seile oder Ketten, welche die Verbindung zwischen Gestänge und Bohrschwengel herstellen, angreifen oder diese Muffe auf dem gegabelten Schwengelkopfe ruhen zu lassen.

Die Freifallbohrung mit Spülung ermöglicht in nicht zu hartem Gestein Stundenfortschritte von 3—5 m.

Neuere Bohrverfahren (Schnellschlagbohrung).

18. — **Grundgedanke.** Das Schnellschlagbohren hat im letzten Jahrzehnt das Bohren mit Zwischenstücken stark zurückgedrängt. Der Grundgedanke dieser neuen Bohrweise ist der, daß mit starrem Gestänge gebohrt, dieses jedoch federnd aufgehängt oder federnd bewegt und der Aufhängepunkt in solcher Höhe gehalten wird, daß das Gestänge immer nur auf Zug beansprucht wird. Auf diese Weise wird das Gestänge mit dem Meißel einfacher verbunden und ist widerstandsfähiger als bei Verwendung von Rutschschere und Freifall. Weiterhin wird das Anbohren weicherer oder härterer Gebirgschichten, das Antreffen von Lagerstätten u. dergl. bedeutend leichter erkannt als beim Bohren mit Zwischenstücken, weil der Krückelführer vorzüglich mit der Bohrlochsohle Fühlung behält. Ferner kann die Antriebvorrichtung mit sehr kurzen Hüben (5—15 cm, gegen 60—80 cm bei anderen Verfahren) und entsprechend hohen Schlagzahlen (80—150 in der Minute, gegen 60 mit Rutschschere und 30 mit Freifall) arbeiten, wobei trotzdem infolge der elastischen Aufhängung genügend kräftige Schläge geführt werden können. Ein federnd aufgehängtes Gestänge macht nämlich nicht nur den Schwengelhub, sondern vermöge der Trägheit der bewegten Massen, welche die Federn abwechselnd stark ausdehnt und wieder zusammendrückt, einen um das Maß dieser Ausdehnung bezw. Zusammendrückung größeren Hub, der durch Mitwirkung der Gestängeträgheit die Schlagkraft erhöht. Trotzdem werden aber bei richtiger Bemessung der tiefsten Lage des Aufhängepunktes gefährliche Stauchungen des Gestänges vermieden, da sofort nach Aufschlag des Meißels die dadurch entlasteten Federn wieder zurückschnellen und das Gestänge wieder zurückziehen, ehe es durch den Rückprall gefährlich beansprucht werden kann. Die dadurch sich ergebende Wirkungsweise kann am besten mit dem Schnellen eines an einer Gummischnur befestigten Balles gegen den Erdboden verglichen werden.

19. — **Allgemeines über den Antrieb.** Hieraus folgt, daß die wichtigste Veränderung, zu welcher das Schnellschlagbohren geführt hat, in der Gestaltung des Antriebs zu suchen ist. Außerdem sind diese neueren Bohrverfahren auch durch zweckmäßigere Ausgestaltung der Nachlaßvorrichtungen gekennzeichnet. Gestänge und Meißel dagegen bieten keine erheblichen Besonderheiten.

Die Federung im Antrieb kann durch federnde Verlagerung oder Bewegung des Schwengels oder durch Aufhängung des Gestänges an einem Drahtseil erzielt werden; in letzterem Falle läßt sich das Nachlassen des Gestänges durch allmähliches Abwickeln des Seiles besonders einfach gestalten.

Der Aufhängepunkt wird auf eine solche Höhenlage eingestellt, daß der Meißel in der Ruhelage des Schwengels bei tiefster Stellung des Schwengelkopfes noch nicht die Sohle berührt, sondern erst nach einer Anzahl von Hüben, während deren das Spiel der Federn immer lebhafter mitwirkt, zum Aufschlagen kommt.

Das Verfahren kann bei Trocken- sowohl wie bei Spülbohrung angewandt werden; das Bohren mit Spülung überwiegt jedoch bei weitem.

20. — **Bohreinrichtung nach Raky.** A. Raky, dem wir die Einführung einer regelrecht federnden Aufhängung des Bohrschwengels verdanken, hat verschiedene Anordnungen angegeben, deren eine durch Fig. 105 veranschaulicht wird; der hölzerne Schwengel *s*, welcher am Kopfe mit einem eisernen Lager zum Tragen des Gestänges ausgerüstet ist, ruht mittels der Zapfen des im übrigen vierkantigen Bolzens d_1 drehbar in Schlitten der Führungsstücke $e_1 e_2$; er wird von dem Bolzen d_1 durch

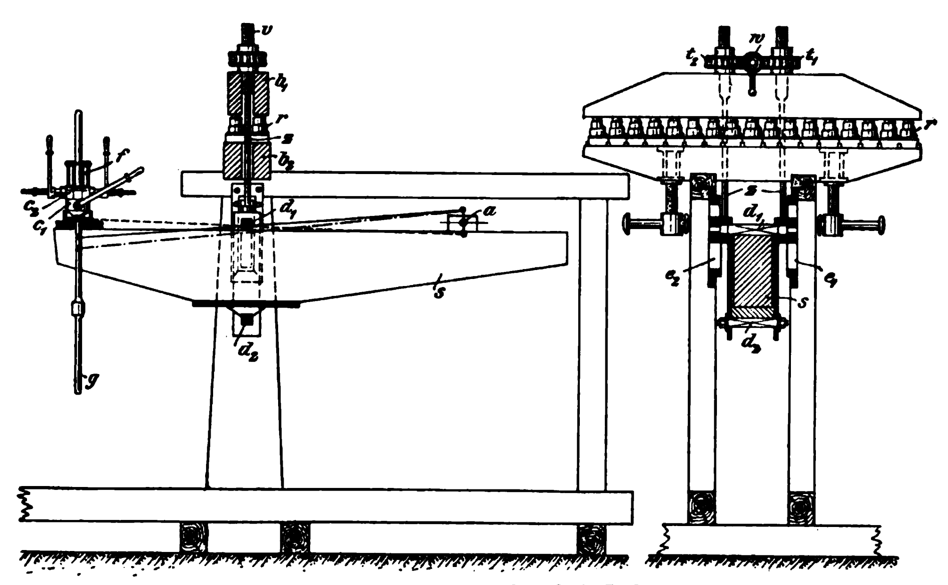
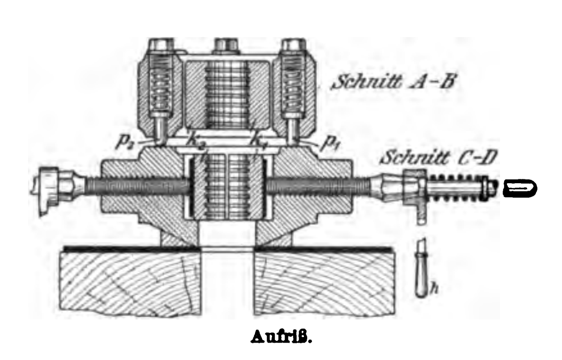


Fig. 105. Bohrschwengel nach A. Raky.

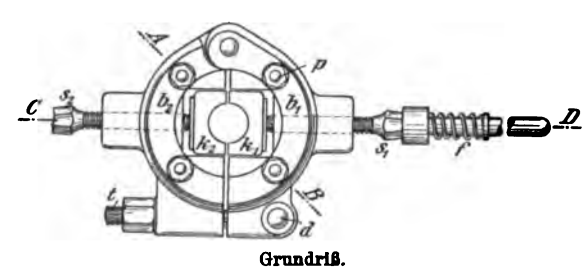
Vermittlung zweier Wangenlaschen und des unteren Bolzens d_2 getragen. Die Schlitten sind ihrerseits in den Führungsstücken $e_1 e_2$ verschiebbar und mit Stangen *z* versehen, welche oben Gewinde tragen, so daß sie durch Drehung der als Muttern dienenden Schneckenräder $t_1 t_2$ mit Hilfe der Schnecke *w* gehoben und gesenkt werden und damit die Lagerstellen des Schwengels nach Bedarf höher oder tiefer gelegt werden können. In letzter Linie wird nun das ganze Schwengelgewicht durch die Unterleg-

scheiben unter den Schneckenrädern auf den oberen Querbalken b_1 übertragen, welcher seinerseits durch die kräftigen Bufferfedern r gegen den auf dem Schwengelgerüst ruhenden unteren Querbalken b_2 abgestützt ist. Die Zahl und Stärke dieser Federn richtet sich nach dem Gestängegewicht und kann im Laufe der Bohrung mit dem Aufsetzen neuer Gestängestücke allmählich erhöht werden, wobei zum Anhalt genommen wird, daß die Tragfähigkeit der Federn immer mindestens dem Doppelten des Gestängegewichtes gleich sein soll. Die Einrichtung gestattet also die vollständige Abfederung des Gestänges und die genaue Einstellung der Höhenlage des Schwengelzapfens.

Eine weitere erhebliche Verbesserung Rakys ist die von ihm erfundene Nachlaßvorrichtung, welche an die Stelle der alten Stellschraube mit ihren Übelständen getreten ist. Sie wird gekennzeichnet durch die beiden sogenannten „Springschlüssel", deren gegenwärtige Ausführung Fig. 106 veranschaulicht; auf einander gegenüberliegende Schraubenspindeln $s_1 s_2$ sind Handhebel h aufgekeilt, so daß durch eine geringfügige Drehung derselben die Klemmbacken $k_1 k_2$ an das Gestänge angepreßt oder etwas von ihm gelöst werden können. Die Backen liegen in runden Rahmen $b_1 b_2$, welche nach Lösung der Klappschraube t durch Drehung um einen Gelenkbolzen geöffnet werden können. Für gewöhnlich sind alle 4 Klemmbacken fest angezogen und übertragen die Last des Gestänges auf das Lager auf dem Schwengelkopf. Während der Bohrung wird aber in geringen Zwischenräumen (die um so kleiner sind, je schneller die Bohrung fortschreitet), zunächst das obere und dann das untere Klemmbackenpaar gelöst und sofort wieder angezogen. Die Lösung der oberen Klemme bewirkt deren Hochschnellen um den Betrag der Entspannung der Federn $p_1 p_2$, die Lösung der unteren Klemme ebenfalls deren Hochrücken unter erneuter Zusammendrückung der Federn. Auf diese Weise wird erreicht, daß die beiden Klemmen fortgesetzt am Gestänge gewissermaßen „hochklettern", was in Wirklichkeit eine ebenso



Aufriß.



Grundriß.

Fig. 106.
Springschlüssel der Internationalen Bohrgesellschaft.

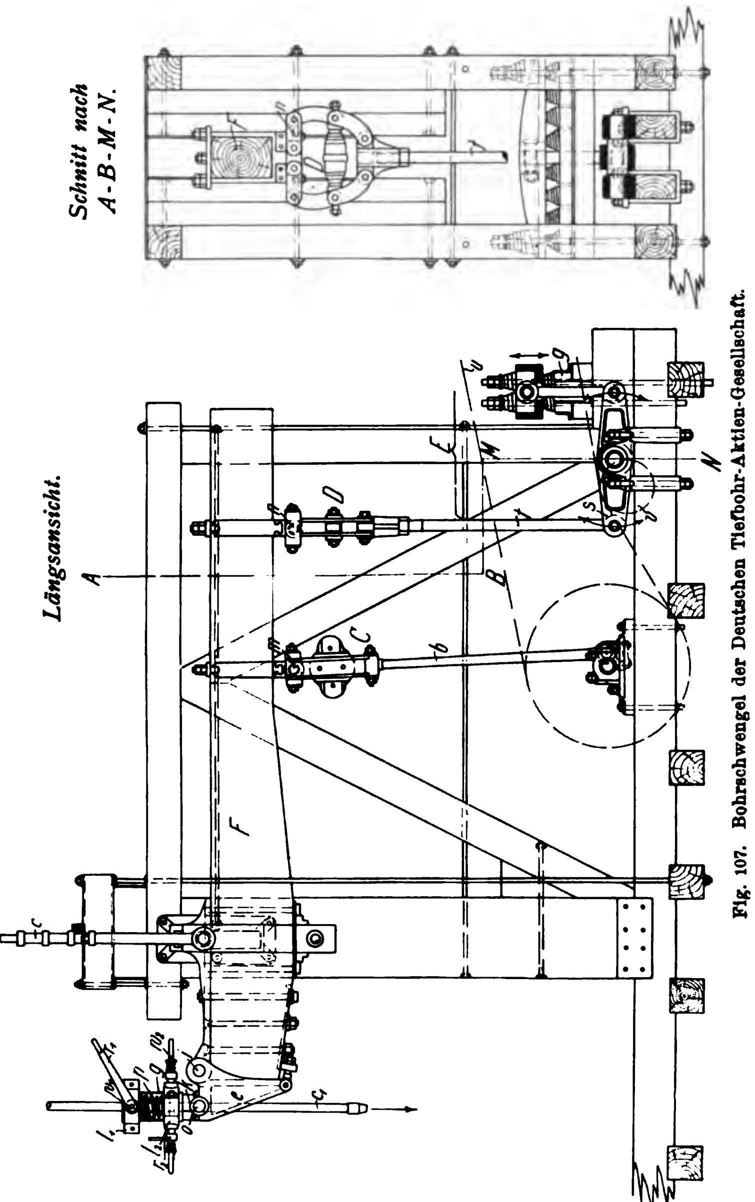


Fig. 107. Bohrschwengel der Deutschen Tiefbohr-Aktien-Gesellschaft.

große Senkung des Gestänges bedeutet, da ja die Klemmbacken an Ort und Stelle bleiben. Es kann also ununterbrochen, ohne Einwechseln von Paßstücken, auf eine volle Gestängelänge abgebohrt werden. Ist dann ein Gestängebund auf dem Springschlüssel angekommen, so erfolgt das weitere Senken (um die Höhe der Gestängeverschraubung) durch Nachsenken des ganzen Schwengels mit Hilfe des Schneckenradgetriebes *w t* (Fig. 105). Sodann werden nach Abfangen des Gestänges die Rahmen der Springschlüssel auseinandergeklappt, worauf der Schwengel wieder um die Höhe der Verschraubung heraufgeschraubt und gleichzeitig ein neues Gestängestück aufgeschraubt wird.

Durch diese Verbesserungen ist es Raky gelungen, in mittelfestem Gebirge mit regelmäßiger Lagerung (z. B. im westfälischen Kreidemergel) Fortschritte bis zu 10 m in der Stunde zu erzielen.

21. — **Bohreinrichtung der „Deutschen Tiefbohr-Aktien-Gesellschaft".** Fig. 107 veranschaulicht eine andere, der „Deutschen Tiefbohr-Aktien-Gesellschaft" in Nordhausen patentierte Ausführung des federnden Antriebs für das Schnellschlagbohren. Der Zapfen des Schwengels *F* selbst ist hier fest verlagert; die Federung ist teils in die Pleuelstange *b*, teils in die hintere Prellstange *t* verlegt, welche letztere wiederum den Zug des niedergehenden Gestänges auf den hinten gegen das Fundament nochmals stark abgefederten zweiarmigen Hebel *s* überträgt. Die Federung in den beiden Stangen *b* und *t* erfolgt durch Bufferfedern, welche horizontal, also rechtwinklig zur Zugrichtung, angeordnet sind und die Vertikalschenkel von Gelenkvielecken *C*, *D* auseinander spreizen, wie die Vorderansicht (Schnitt *A—B—M—N*) erkennen läßt. Durch den federnden Angriff der Pleuelstange wird das Wiederanheben des Gestänges erleichtert, indem die Kurbel in ihrer oberen Totpunktlage zunächst die Federn der Pleuelstange zu spannen und dann erst die Gestängelast zu heben hat.

Die Nachlaßvorrichtung ist der Rakyschen ähnlich. Sie ruht auf einer Stahlgußkappe *e* am Schwengelkopf, welche um den Bolzen *i* drehbar ist und nach Lösung der unteren Mutter zurückgeschlagen werden kann, um im Bedarfsfalle die Bohrlochmitte freizugeben.

22. — **Bohreinrichtung von H. Thumann.** Bei dieser, durch Fig. 108 veranschaulichten Schnellschlag-Bohreinrichtung kommt ein zweiteiliger Schwengel zur Verwendung. Die Federung *e* ist zwischen die beiden Teile s_1 und s_2 des Schwengels eingeschaltet. Je nachdem, ob mit Zwischenstücken oder mit Schnellschlag gebohrt werden soll, wird die Pleuelstange *b* oder *d* des Antriebs mit der längeren oder der kürzeren der beiden Kurbeln *a* und *c* benutzt. Als Nachlaßvorrichtung dient eine Kette, welche von der Trommel *g* über die Rollen h_1 und h_2 zum Gestänge geführt und durch Drehung der Trommel mit Hilfe eines Schneckengetriebes allmählich abgerollt wird. Die Freigabe der Bohrlochmitte zum Löffeln, Gestängefördern u. dergl. erfolgt einfach in der Weise, daß der vordere Schwengelteil vom hinteren gelöst und hochgeklappt wird (in der Figur punktiert angedeutet). Durch Verlagerung auf einem Rädergestell kann der ganze Antrieb fahrbar gemacht werden.

23. — **Schnellschlagbohrung mit Seil.** Als Vertreter einer zweiten Gruppe der Schnellschlagbohrverfahren sind zunächst die

„Rapid"- und „Expreß"-Bohrverfahren von **Fauck** und **Trauzl** zu nennen. Bei der durch Fig. 109 veranschaulichten Ausführungsform von **Fauck** wird ein Bandseil von der Bobine *d* aus über die feste Rolle g_1,

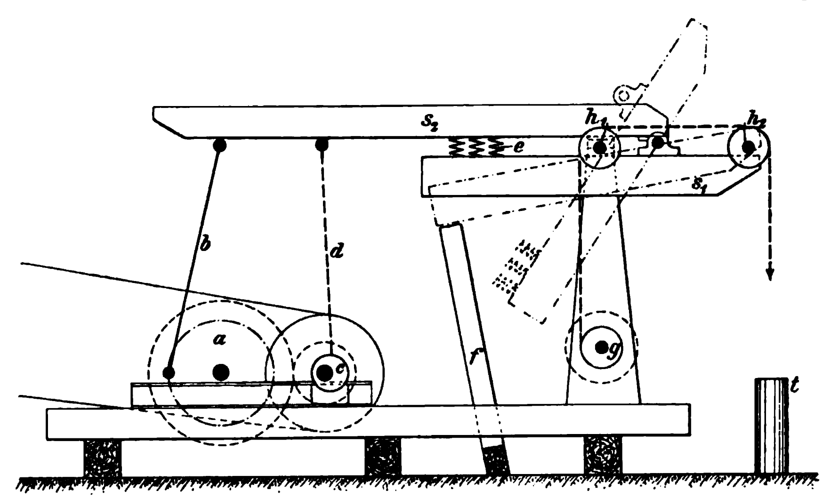


Fig. 108. Doppelbohrschwengel nach H. **Thumann**.

die bewegliche Rolle *c*, die Leitrolle g_2 und die Seilscheibe g_3 zum Bohrgestänge geführt. Das Ganze stellt also eine Art Flaschenzug dar. Der Antrieb erfolgt mittels der Scheibe *b*, welche durch einen Riementrieb *a* von der Maschine in Drehung versetzt wird und die exzentrisch verlagerte bewegliche Rolle *c* auf- und abbewegt. Diese Auf- und Abbewegung überträgt sich auf das Gestänge, und zwar mit einer durch die Elastizität des Seiles bedingten Federung, welche, wie beim **Raky**schen Schwengelbohren, eine kräftige Schlagwirkung bei kleinen Hüben und großen Hubzahlen ermöglicht.

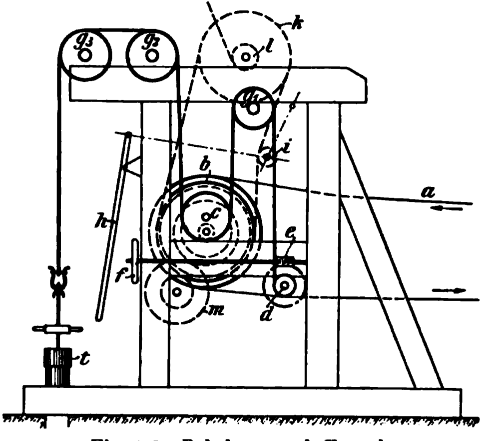


Fig. 109. Bohrkran nach **Fauck**.

Von der Antriebscheibe *b* aus kann mit Hilfe eines zweiten Riementriebs auch die Förderbobine *l* angetrieben werden, wenn man mittels des Hebels *h* die Spannrolle *i* an den Riemen andrückt.

Derartige, Bohr- und Fördereinrichtungen in sich vereinigende Anlagen, welche sich auch bei anderen Bohrverfahren mehr und mehr einbürgern, werden als „**Bohrkrane**" bezeichnet.

Durch die Aufhängung des Gestänges an einem **Seil** ist das Nachlassen wesentlich vereinfacht: es kann, wie bei dem **Thumannschen** Bohrschwengel (Fig. 108) ohne Unterbrechung der Bohrarbeit fortgesetzt erfolgen durch Drebung der Bobine *d* mittels eines mit ihr verkuppelten Schneckenrades und der Schnecke *e*, welche mit dem Handrad *f* gedreht wird. Ist das Bohrloch um eine Gestängelänge tiefer geworden, so wird das Gestänge abgefangen, ein neues Stück aufgesetzt und das Seil wieder auf die Bobine gewickelt.

Durch sehr einfache Bauart zeichnet sich die **Pattbergsche**, ebenfalls durch Vermittlung eines Seils das Gestänge bewegende **Bohrvorrichtung mit schwingender Trommel** aus (Fig. 110). Hier arbeitet die Antriebscheibe *a* mit Hilfe des Kurbelzapfens *z* und der Pleuelstange *c* auf den am ringförmigen Gehäuse *d* befestigten zweiten Kurbelzapfen. Da der Durchmesser des ersten Kurbelkreises bedeutend geringer ist als

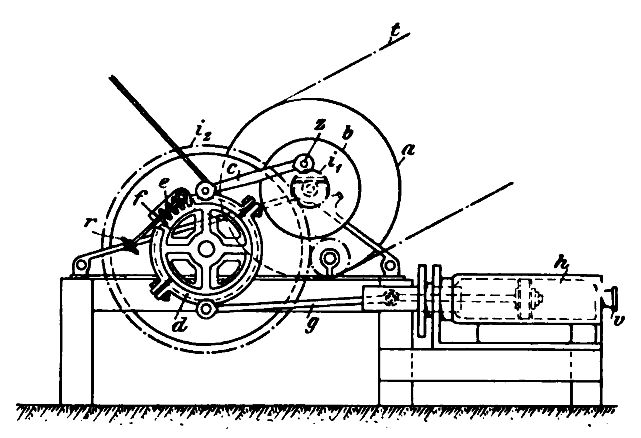


Fig. 110. Bohreinrichtung nach **Pattberg**.

der des zweiten, so entsteht eine schwingende Bewegung des Gehäuses *d*. Dieses überträgt aber mittels der in ihm verlagerten Schnecke *e* seine Bewegung auf das Schneckenrad *f*, welches wiederum mit einer Seiltrommel fest verbunden ist, so daß also auch das Seil und damit das daran hängende Gestänge auf- und abbewegt wird.

Außer der Elastizität des Seiles wirkt auch der am entgegengesetzten Ende angreifende Dampfpuffer *h* mit Kolben federnd.

Das Nachlassen erfolgt wiederum ohne Unterbrechung der Bohrarbeit um je eine Gestängelänge, indem einfach durch Drehung der Schnecke *e* die Seiltrommel gegen das Gehäuse *d* verdreht wird.

2. Das Seilbohren.

24. — Anwendungsgebiet und Beurteilung. Das Bohren am Seil ist, was bei seiner Einfachheit nicht wundernehmen kann, bereits seit sehr langer Zeit betrieben worden; die Chinesen sollen schon seit mehr als 2000 Jahren durch dieses Bohrverfahren Sol- und Erdgasquellen in größeren Tiefen erschlossen haben.

Wie in diesen ältesten Zeiten dient auch heute noch die Seilbohrung fast ausschließlich zur Gewinnung von Erdöl und -Gas, Sole, Trinkwasser u. dergl., während sie zu Schürfbohrungen, wissenschaftlichen Versuchbohrungen u. ähnl. nur ausnahmsweise Verwendung findet.

Die weitaus größte Bedeutung hat das auf diesem Gebiete vorbildlich gewordene pennsylvanische Seilbohren erlangt, welches zur Erschließung der Erdölquellen in Nordamerika dient und bis zu Teufen von 1600 m vorgedrungen ist. Dagegen hat z. B. das deutsche Seilbohren nur für mäßige Teufen Anwendung gefunden, und zwar hauptsächlich zur Gewinnung von Trinkwasser, weshalb es auch als „Brunnenbohren" bezeichnet wird.

Die Vorzüge des Seilbohrens, welche zu seiner Bevorzugung in den amerikanischen Erdölgebieten geführt haben, sind besonders: die Vermeidung des ganzen, durch Gestängeförderung und Gestängebrüche verursachten Zeitverlustes, demgegenüber die an sich geringere Schlagwirkung des Seilbohrens sowie der durch das Schlammlöffeln bedingte Aufenthalt, der hier ebenfalls nur gering ist, zurücktritt, — sowie das gegenüber dem Gestänge bedeutend geringere Gewicht des Seiles und die geringere Beanspruchung der Bohrlochstöße durch das letztere. Schwerwiegende Nachteile sind auf der anderen Seite: die Unsicherheit der Hubhöhe bei größeren Tiefen infolge der Dehnung des Seils, das mangelhafte Umsetzen und die daraus oft sich ergebende Entstehung von „Füchsen" im Bohrloch, der geringe Bohrfortschritt in harten Gesteinsarten. Für Schürf- und wissenschaftliche Tiefbohrungen eignet das Seilbohren sich nicht, da es keine Wasserspülung gestattet und das Erbohren von Kernen schwierig und umständlich ist.

25. — Einige Einzelheiten des Seilbohrens. Früher glaubte man wegen des unsicheren Umsetzens nur die eine geringere Schlagwirkung ausübenden Kronenmeißel verwenden zu können; später zog man es jedoch vor, Flachmeißel zu benutzen und etwaige unrunde Stellen durch Nachbüchsen, das ja bei Seilbetrieb nur geringen Aufenthalt mit sich bringt, zu beseitigen.

Wegen des geringen Gewichts des Seiles muß der Meißel besonders schwer belastet werden, um eine genügende Schlagwirkung zu erzielen, was durch Schwerstangen von 500—1000 kg Gewicht geschieht.

Eine wichtige Verbesserung, welche das Seilbohren in Nordamerika erhalten hat, ist die Einschaltung einer Rutschschere zwischen Meißel und Seil. Dieselbe soll Verklemmungen des Meißels verhüten, indem sie durch ihr Spiel eine gewisse Beschleunigung des hochgehenden Seils vor dem Erfassen des Meißels, d. h. einen gewissen Ruck beim Anheben des letzteren, ermöglicht. Diese Wirkung der Rutschschere wird durch die zwischen ihrem oberen Gliede und dem Seil eingeschaltete zweite (obere) Schwerstange erhöht, indem diese durch ihre beschleunigte Masse den Ruck verstärkt.

Als Seile werden solche aus bestem Manilahanf oder aus Aloefaser bevorzugt; Stahldrahtseile haben sich für größere Teufen nicht einbürgern können, da sie dem Rost zu sehr ausgesetzt sind, durch Reibung an den

Bohrlochstößen zu rasch verschleißen und die unvermeidlichen häufigen Rucke und Stauchungen nicht dauernd aushalten können.

Der Antrieb erfolgt durch einen Bohrschwengel, an dessen hinterem Ende ein Kurbelgetriebe angreift, während vorn das Bohrseil durch Vermittelung einer Stellschraube aufgehängt ist und an deren unterem Teile durch eine einfache Klemmvorrichtung festgehalten wird; nach Abbohrung der Stellschraube wird diese wieder in die Anfangstellung gebracht und das Seil nach Abwicklung eines entsprechenden Stückes von der Kabeltrommel von neuem eingeklemmt.

Der Bohrschmand wird durch Löffeln in bekannter Weise beseitigt. Der Schmandlöffel wird an einem besonderen Seile eingelassen, dessen Trommel oder Rundbaum zum Fördern durch Einschalten einer Kuppelung von der Haupttriebwelle aus betätigt werden kann. Das Einlassen von Löffel, Meißel usw. erfolgt durch Abbremsen.

3. Das hydraulische Stoßbohren.

26. — Der Bohrwidder und seine betriebsmäßige Ausführung. In den letzten Jahren ist der Galizier W. Wolski mit einem Bohrverfahren hervorgetreten, welches auf dem Grundgedanken des hydraulischen Widders beruht und die Bewegung des Hohlgestänges durch die Bewegung der in ihm stehenden Wassersäule ersetzt, so daß das Gestänge vollständig ruhig hängt und nur als Druckwasserleitung dient, während der Bohrmeißel durch Wasserschläge bewegt wird.

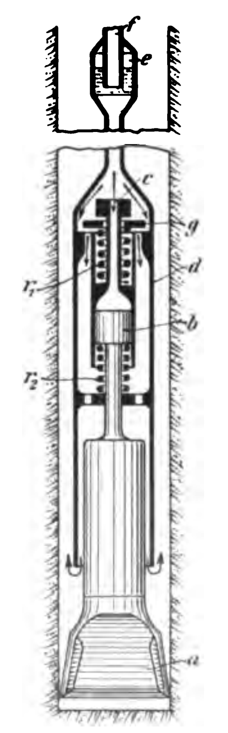


Fig. 111. Schema des Wolskischen Bohrwidders.

Die Wirkungsweise des Bohrwidders wird durch die schematische Darstellung in Fig. 111 verdeutlicht. Das durch das Hohlgestänge f herabströmende Druckwasser, welches gleichzeitig zur Spülung dient, tritt zunächst durch das mittels Feder r_1 offen gehaltene Ventil g hindurch aus. Durch den dabei zu überwindenden Widerstand entsteht ein Druckabfall und damit ein entsprechender Druckunterschied auf beiden Seiten der Ventilklappe, welcher schnell soweit anwächst, daß der Wasserüberdruck von oben die Kraft der Feder r_1 überwindet und das Ventil zuwirft; dadurch entsteht ein heftiger Schlag, der den Bohrmeißel heraustreibt und gleichzeitig die Wassersäule nach dem weiter oben eingeschalteten Windkessel e zurückwirft, in welchem sich der Stoß ausgleicht. Dadurch geht der auf die Feder r_1 ausgeübte Druck wieder zurück, so daß das Ventil sich wieder öffnen und das Spiel von neuem beginnen kann, da der Meißel mittlerweile durch die starke Feder r_2 zurückgezogen worden ist.

Da das Umsetzen wegen der sehr schnellen Schlagfolge äußerst rasch erfolgen muß, so spannt die „Deutsche Tiefbohr-Akt.-Ges." in Nordhausen, welche u. a. auch nach diesem Verfahren arbeitet, einfach das Gestänge in eine gewöhnliche

Drehvorrichtung (s. u.) ein, woraus sich eine Art vereinigten Stoß- und Drehbohrbetriebes ergibt.

Durch diesen Bohrbetrieb soll also die Bewegung des Gestänges, welche eine bedeutende nutzlose Arbeit zur Beschleunigung toter Massen in sich schließt und so in tiefen Bohrlöchern nur einen kleinen und mit zunehmender Tiefe immer noch kleiner werdenden Teil der über Tage gelieferten Betriebskraft auszunutzen gestattet, außerdem aber auch vielfach zu Gestängebrüchen u. dergl. schweren Störungen führt, vermieden werden. Die Antriebmaschine fällt weg; es ist nur eine für die Erzeugung des Spülstroms ohnehin, allerdings in geringerer Größe, erforderliche Druckwasserpumpe aufzustellen. Trotz dieser bedeutenden Vorzüge des Verfahrens, und trotzdem es sich bereits bei größeren Bohrungen bewährt hat, erscheint es heute angesichts der großen Verschiedenartigkeit der Gebirgs-, Lagerungs- und Betriebsverhältnisse, mit denen die Tiefbohrung zu rechnen hat, noch nicht als ratsam, ein abschließendes Urteil über den Bohrwidder im Vergleich mit anderen Bohrverfahren zu fällen.

b) Drehendes Bohren. (Diamantbohrung).

27. — **Allgemeines.** Für den drehenden Bohrbetrieb kommt im festen Gebirge nur die Diamantbohrung in Betracht.

Die Diamantbohrung ist 1864 von Leschot in Genf erfunden worden. Während dieser dabei zunächst lediglich an die Herstellung von Sprengbohrlöchern dachte, ist seine Erfindung im wesentlichen nur für die Tiefbohrung ausgenutzt worden.

Das Wesen des Diamantbohrens besteht darin, daß (s. Fig. 112) eine Stahlbohrkrone *k* von ringförmigem Querschnitt, welche mit einer Anzahl roher Diamanten besetzt ist, in drehende Bewegung versetzt wird und dadurch in mahlender und schabender Tätigkeit um einen stehen bleibenden Bohrkern herum einen ringförmigen Hohlraum im Gebirge herstellt. Das dabei entstehende Bohrmehl wird durch einen Spülwasserstrom (welcher hier schon wegen der notwendigen Kühlung der Bohrkrone zugeführt werden muß), in Schlamm verwandelt und zutage gefördert.

28. — **Die Bohrkrone.** Von besonderer Wichtigkeit ist die Beschaffung brauchbarer Diamanten. Als die besten gelten die sog. „Karbonate“ von Bahia in Brasilien, dunkle, unregelmäßig geformte Knöllchen, welche wegen ihrer zähen Beschaffenheit

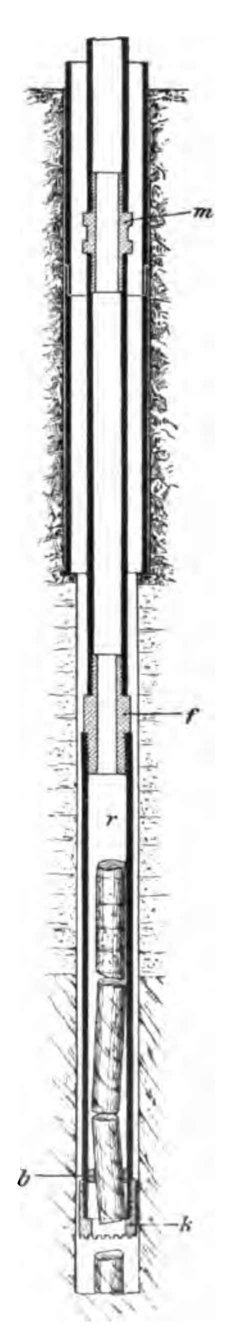


Fig. 112. Diamantbohrkrone mit Kernrohr und Hohlgestänge.

nicht zum Absplittern neigen. Weniger geschätzte Arten werden aus Sibirien und Südafrika geliefert. Der Preis eines Diamanten von etwa Erbsengröße schwankt gegenwärtig zwischen ca. 150 und 1350 M.; vielfach werden auch größere Steine verwendet.

Die Diamanten werden in verschiedener Weise in den zur Bohrkrone (Figuren 112 und 113) bestimmten Eisenring eingestemmt. Meist werden sie in einigermaßen passende Löcher desselben eingesetzt und darin durch Verstemmung der Lochränder festgehalten; verschiedentlich werden aber auch die zunächst um den Diamanten vorhandenen Hohlräume vor dem Zustemmen durch Kupfereinlagen ausgefüllt. Eine gänzliche oder teilweise Verdeckung der Steine durch die Verstemmung ist nicht von Belang, da sie sich im Bohrloch sofort freiarbeiten. Nach dem Einsetzen der Diamanten kann der Ring durch Kohlung unter Erhitzung und darauffolgende rasche Abkühlung in Stahl umgewandelt werden, was jedoch nicht erforderlich ist. Die Steine werden so verteilt, daß die von ihnen bestrichenen Ringflächen sich gegenseitig ergänzen, außerdem läßt man die am inneren und am äußeren Rande der Krone eingesetzten Steine etwas vorragen, um Klemmungen der Krone beim Bohren zu verhüten.

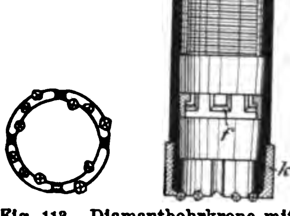


Fig. 113. Diamantbohrkrone mit Kernfänger.

Die Krone selbst springt soweit nach außen vor, daß zwischen Bohrlochwand und Gestänge ein genügender Hohlraum für das aufsteigende Spülwasser entsteht. Sie erhält Schlitze für den Austritt des Spülstroms.

29. — Kerngewinnung. Mit dem Hohlgestänge ist die Bohrkrone durch Vermittelung des Kernrohres *r* (Fig. 112) verbunden. Diese Rohrtour ist etwas weiter als die Gestängerohre und in der Regel bis 15 m, ausnahmsweise aber auch bis 200 m lang; ihre Länge darf nicht zu klein genommen werden, da sie gleichbedeutend mit der ohne Unterbrechung des Bohrbetriebes zu erzielenden Bohrlänge ist: hat der Kern den oberen Rand des Kernrohres erreicht, so muß er gezogen werden.

Das Abbrechen des zu fördernden Kernes kann dadurch erfolgen, daß man die Spülung unterbricht, wodurch sich Bohrschmand zwischen Kern und Krone setzt, und nunmehr die letztere samt dem festgeklemmten Kern dreht. Oder man benutzt den Kernbrecher *f* in Fig. 113 (*b* in Fig. 112), einen mit scharfen Vorsprüngen versehenen, offenen und daher federnden Stahlring, welcher beim Anheben des Gestänges in dem zu diesem Zwecke etwas konisch gestalteten untersten Teile des Kernrohres herabrutscht und sich dabei zusammendrückt, so daß seine Zähne in den Kern eindringen. In ungestörtem, zähem Gebirge sind schon Kerne von einer Länge bis zu 90 m erbohrt worden, welche beim Abschrauben der einzelnen Kernrohrstücke über Tage vorsichtig stückweise entzwei geschlagen werden mußten.

30. — Gestänge. Das Gestänge muß eine genügende Festigkeit gegen Verdrehen haben. Es besteht in der Regel aus Stahlrohren. Für die Verbindung der einzelnen Stücke werden vielfach Muffen oder außen

vorspringende Verbindungsstücke benutzt, welche, aus billigerem Material hergestellt, den durch Berührung der Bohrlochwände entstehenden Verschleiß auf sich nehmen und von den teuren Rohrverschraubungen fernhalten.

31. — Antrieb. Die Anordnung und Gestaltung der Antrieb- und Nachlaßvorrichtung über Tage ist in Amerika und England einerseits und in Deutschland anderseits wesentlich verschieden.

Ein Beispiel für eine amerikanische Bohreinrichtung (der Sullivan Company) für mäßige Teufen gibt Fig. 114. Das Gestell ruht auf einem Fundamentrahmen aus Stahlguß; der Antrieb erfolgt durch den oszillierenden Dampfzylinder a, der das Kegelradgetriebe b_1 b_2 in Drehung versetzt; dadurch wird das Arbeitsrohr c und das mit diesem durch die Klemmkuppelung k verbundene Bohrgestänge i gedreht. Der Druck auf die Bohrkrone wird mit Hilfe der hydraulischen Preßzylinder $m_1 m_2$ geregelt, indem man in diesen je nach der Tiefe des Bohrlochs und dem dieser entsprechenden Gestängegewicht Wasser von verschieden hohem Druck über oder unter die Kolben treten läßt; auf das Arbeitsrohr wird der Druck mit Hilfe der Zugstangen $e_1 e_2$ und des Querhauptes d übertragen, in welchem das Rohr sich frei drehen kann. Zur Gestängeförderung und dergl. dient das Stirnradgetriebe h_1—h_3, welches die mit einer Bremse versehene Bobine f in Drehung versetzt.

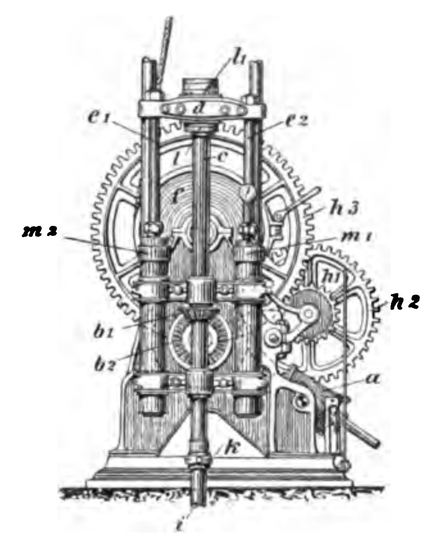


Fig. 114. Amerikanische Diamantbohrmaschine.

Den ausländischen Antriebmaschinen gegenüber haben die deutschen Bohrvorrichtungen den Vorteil, daß sie den möglichst schnellen Übergang von der Diamantbohrung zur Meißel- oder Schappenbohrung und umgekehrt gestatten und dadurch eine vorzügliche Anpassung an die verschiedenartigsten Gebirgsverhältnisse ermöglichen. Gerade dieser Möglichkeit, das jeweils passendste und vorteilhafteste Verfahren anzuwenden, sind zum großen Teil die bedeutenden Erfolge der neueren deutschen Tiefbohrtechnik zuzuschreiben.

Kennzeichnend für derartige Diamantbohreinrichtungen ist, daß der Antrieb auf einem kleinen Wagen oder (bei Thumann) auf einem in Ketten hängenden und nach Beendigung der Drehbohrung hochzuziehenden Profileisenrahmen verlagert ist, so daß das Bohrloch jederzeit für andere Bohrverfahren freigegeben werden kann. Dabei kann der für die Schlagbohrung benutzte Schwengel auch bei der Diamantbohrung Verwendung finden, und zwar zum Ausgleich des Gestängegewichts. Da nämlich das Gestänge mit zunehmender Bohrtiefe immer schwerer wird,

anderseits aber die Diamanten keinen sehr hohen Druck aushalten können, so muß das Gestängegewicht durch Gegengewichte, die am hinteren Ende des Schwengels angebracht werden, soweit ausgeglichen werden, daß die Bohrkrone nur mit etwa 200—400 kg belastet bleibt; mit zunehmender Teufe müssen demgemäß hinten immer mehr Gewichte aufgelegt werden. Statt des Gegengewichtes kann auch eine am Schwengel-

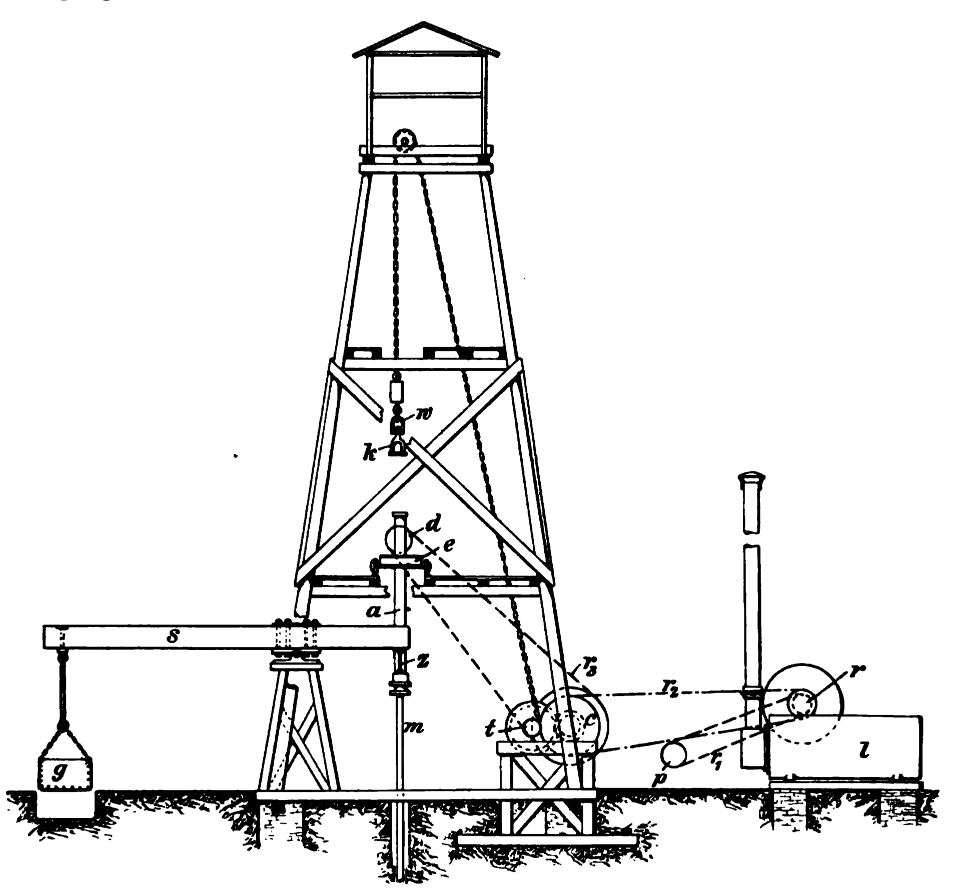


Fig. 115. Schema einer Bohranlage für Diamant- und Meißelbohrung.

schwanz angreifende Nachlaßwinde mit Bremsvorrichtung angewandt werden, welche letztere die Ausgleichung des Gestängegewichts gestattet. Neuerdings wird das Gestänge auch vielfach an dem Drahtseil eines Bohrkabels aufgehängt und sein Gewicht durch Bremsung oder eine im Seil hängende Rolle mit Gewichtbelastung ausgeglichen.

In der Fig. 115 stellt *s* den hinten mit einem Blechkasten *g* zur Aufnahme der Gegengewichte versehenen Bohrschwengel dar, an dessen Kopf mittels der beiden Laschenketten *z* das Arbeitsrohr oder die Bohrspindel *a* (s. a. Fig. 116, *b* in Fig. 117) aufgehängt ist, welche in ihrem

Innern das genau zentrierte Hohlgestänge *m* trägt; letzteres ist oben mit einem Drehkopf (*f* in Fig. 117) an die Druckwasserleitung angeschlossen. Der Antrieb erfolgt durch eine Lokomobile mittels der Treibriemen r_2 und r_3, wodurch das auf dem Bohrwagen *e* verlagerte Kegelräderpaar $z_1 z_2$ (s. Fig. 116) in Drehung versetzt wird. Von derselben Lokomobile wird auch durch den Treibriemen r_1 die Druckpumpe *p*, sowie nach Einrückung einer Kuppelung von der Welle *c* aus die zur Gestängeförderung dienende Kettentrommel *t* angetrieben. Die Bohrspindel ist (Fig. 116) mit einer Nut *n* versehen, welcher ein Vorsprung in dem Kegelrade z_2 entspricht, so daß das Niedersinken der Spindel bei gleichzeitiger zwangläufiger Drehung ermöglicht wird. Der Schwengelkopf wird durch die Drehung nicht in Mitleidenschaft gezogen, da er durch Vermittelung der ruhenden Scheibe (*h* in Fig. 117) die Bohrspindel trägt, welche sich innerhalb der ersteren drehen kann. (Die Firma H. Thumann hängt neuerdings das Gestänge am Schwengel durch Vermittelung eines Rollenlagers, also möglichst reibungslos,

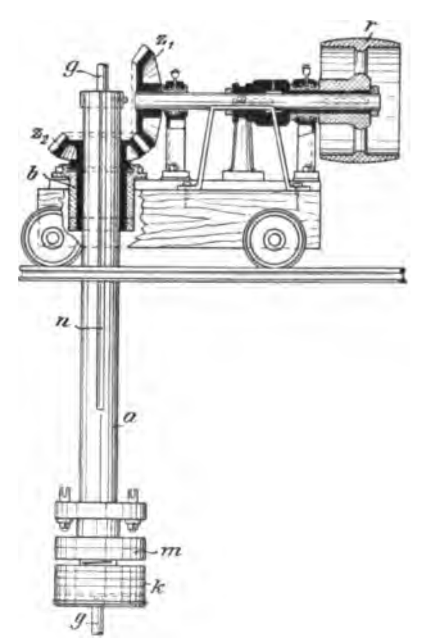


Fig. 116. Bohrwagen mit Arbeitsrohr.

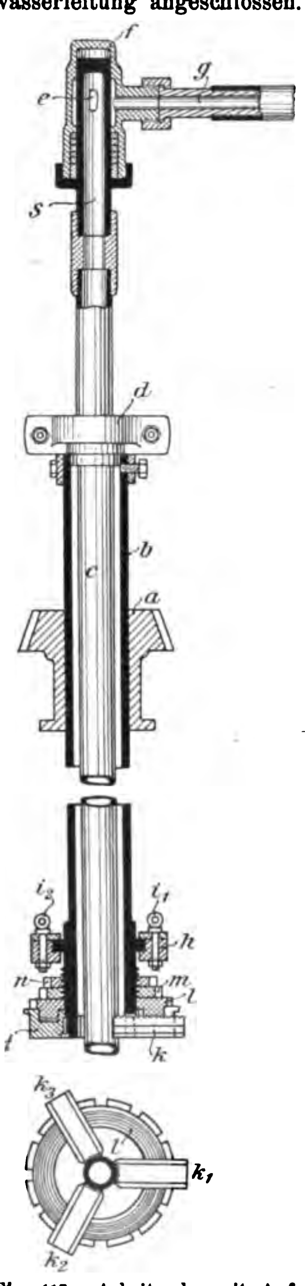


Fig. 117. Arbeitsrohr mit Aufhängung, zentriertem Gestänge und Drehkopf.

auf: das Gestänge ruht mittels zweier Schellenbänder auf einem Kopfstück, welches durch Vermittelung eines Laufringes sich auf 44 kegeligen Stahlwalzen dreht.) Das Klemmfutter *lk*, welches die Aufgabe hat, das Gestänge fest, und zwar genau konzentrisch, mit der Bohrspindel zu verkuppeln, ist nach Art der Einspannvorrichtungen bei Drehbänken ausgeführt: durch Drehung des unten mit Spiralnuten versehenen Ringes *l* (Fig. 117), dessen Vertikalverschiebung auf der Spindel durch die Gegenmuttern *m* und *n* verhindert wird, werden die ebenfalls mit Nuten versehenen, vorn gezahnten 3 Klemmstücke k_1—k_3 genau gleichmäßig nach der Mitte hin vorgeschoben, bis sie das Gestänge fest umfassen. Das um das obere Ende des Gestänges gelegte Schellenband *d* legt die Höhenlage des Gestänges gegen die Bohrspindel fest. Ist das Bohrloch um die Länge der Bohrspindel tiefer geworden, so wird diese samt dem obersten Gestängestück durch Hochklappen des Schwengels wieder in die Anfangstellung gebracht und nun ein der Länge der Spindel entsprechendes Gestängestück unten zwischengeschaltet usf.

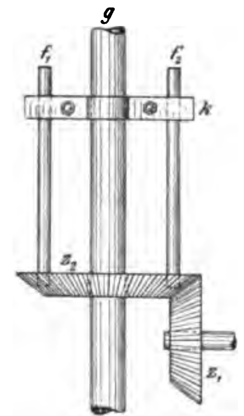


Fig. 118. Antrieb für Diamantbohrungen.

Eine andere, sich durch Einfachheit auszeichnende Klemm- und Zentrierungsvorrichtung, wie sie von verschiedenen Firmen angewendet wird, zeigt Fig. 118: auf dem Kegelrade z_2 stehen, mit ihm fest verbunden und daher an seiner Drehung teilnehmend, die beiden Führungstangen $f_1 f_2$, auf welchen die mit dem Gestänge *g* fest verbundene Muffe *k* während des Bohrens abwärts gleitet, so daß das unbehinderte Niedergehen des Gestänges während der Drehung genau in der Mittellinie gesichert ist.

Soll zum stoßenden Bohren übergegangen werden, so wird einfach der Bohrwagen zur Seite gefahren oder das Rahmengestell hochgezogen und der Schwengelantrieb in Betrieb genommen.

32. — **Beurteilung der Diamantbohrung.** Das Anwendungsgebiet der Diamantbohrung ist enger begrenzt als das der Stoßbohrung. Sie verlangt mit Rücksicht auf die geringe Festigkeit der Diamanten ein möglichst gleichmäßiges und feinkörniges Gebirge, wie z. B. Quarzit, Grauwacke, Basalt, eignet sich dagegen nicht für groben Sandstein, Konglomerat, Granit u. dergl. Sie neigt ferner, wie jede Drehbohrung, leicht dazu, aus dem Lot zu kommen, weshalb auch steil einfallende Gebirgschichten von wechselnder Festigkeit sowie Schichten mit steil einfallenden Klüften für das Diamantbohren ungünstig sind. Außerdem darf das Gestein nicht zu weich sein, weil sonst andere Bohrverfahren vorteilhafter sind; je härter das Gestein aber ist, um so größer ist die Überlegenheit der Diamantbohrung.

Liegen die eben aufgestellten Bedingungen vor, so bietet das Diamantbohren große Vorteile: es gestattet als ununterbrochen wirkendes Drehbohren eine vorteilhafte Kraftausnutzung, da die abwechselnde Beschleunigung und Verzögerung größerer Massen, wie sie beim stoßenden

Bohren notwendig ist, wegfällt; auch ist, weil nur ein ringförmiger Querschnitt ausgebohrt wird, die Menge des zu zerkleinernden Gesteins geringer als bei der Vollbohrung. Dementsprechend erzielt die Diamantbohrung in hartem Gestein einen wesentlich größeren Fortschritt. Dabei sind Gestängebrüche wegen der Gleichförmigkeit der Bewegung seltener. Sehr wesentlich ist auch die vorzügliche Kerngewinnung, welche genauen Aufschluß über die durchbohrten Schichten gibt und noch bei sehr kleinen Bohrlochdurchmessern möglich ist: aus dem Bohrloch bei Schladebach wurden in Tiefen von über 1700 m noch gut erhaltene Kerne von nur 12 mm Durchmesser mit einer Krone von 31 mm Durchmesser erbohrt. Außerdem ist aber auch bei Teufen von mehr als 1300 m[1]) die Diamantbohrung das einzige noch anwendbare Bohrverfahren; alle tieferen Bohrlöcher sind also in ihrem untersten Teile mittels der Diamantbohrung niedergebracht worden.

Ein Mangel des Diamantbohrens ist der verhältnismäßig geringe Bohrlochdurchmesser; der Anfangdurchmesser schwankt im allgemeinen zwischen 60 und 200 mm. Auch sind Erweiterungen der Bohrlöcher, z. B. zum Zwecke des Nachsenkens von Verrohrungen, schwierig und teuer.

Wegen der verhältnismäßig großen Anlagekosten kommt die Diamantbohrung nur für tiefere Bohrlöcher in Frage.

C. Besondere Einrichtungen und Arbeiten bei der Tiefbohrung.

a) Verrohrung.

33. — Zweck der Verrohrung. Eine Verrohrung von Bohrlöchern wird vielfach vorgenommen, um durch Auskleidung weicher oder lockerer Gebirgschichten Störungen und Gefährdungen der Bohrarbeit durch Nachfall zu verhüten. Sie ist aber ferner für die Spülbohrung meist von großer Wichtigkeit, weil sie einmal die Zerstörung der Bohrlochstöße durch den Spülstrom verhütet, ferner Verlusten an Spülwasser in klüftigem Gebirge oder umgekehrt Störungen des Spülstromes durch entgegenwirkende Gebirgsquellen vorbeugt und endlich auch gegen Irrtümer schützt, die beim Spülbohren ohne Kerngewinnung dadurch entstehen können, daß Nachfall aus höheren Schichten vom Spülstrom mit hochgebracht und dadurch eine falsche Vorstellung über das durchbohrte Gebirge erzeugt wird. Außerdem kommt die Verrohrung in Bohrlöchern, welche zur Gewinnung von Petroleum, Mineralwasser, Sole, Trinkwasser u. dergl. dienen, zur Anwendung, um eine Verunreinigung oder Verdünnung dieser Flüssigkeiten durch solche aus anderen Schichten zu verhüten. In Fällen der letzteren Art finden, wenn es sich um Sol- oder sonstige Mineralquellen handelt, meist Kupferrohre, mitunter auch Holzlutten, Verwendung, während sonst hauptsächlich schmiedeeiserne und Stahlrohre, seltener die allerdings (trotz größerer Wandstärke) billigeren, aber dafür weniger widerstandsfähigen Gußeisenrohre benutzt werden.

34. — Rohre. Die Verbindung der einzelnen Rohre miteinander kann außer durch die bei den Gestängerohren beschriebenen Arten der

[1]) Für das amerikanische Seilbohren wird allerdings eine Teufengrenze von 1600 m angegeben.

Verschraubung auch durch Vernietung erfolgen, wenn die Rohre dauernd im Bohrloch verbleiben sollen. Bei schmiedeeisernen Rohren von größerer Weite (über 250 mm) wird auch die Längsnaht der Rohre durch Vernietung hergestellt. Am besten, allerdings auch am teuersten, sind Rohrverbindungen nach Fig. 103*c* auf S. 89, welche außen und innen glatt sind. Im übrigen haben außen glatte Rohrverbindungen mit inwendig vorspringenden Teilen nach Fig. 103*a*, *b* und *c* allerdings den Nachteil, daß sie den aufsteigenden Spülstrom mit dem von ihm mitgeführten Bohrschmand aufhalten, werden aber dennoch meist den inwendig glatten Rohren mit äußeren Vorsprüngen vorgezogen, da diese beim Nachsenken leichter stecken bleiben und nach Beendigung der Bohrung kaum herausgezogen werden können. Die in Fig. 119 dargestellte Rohrverbindung nach Thumann, welche durch Einziehen des einen Rohres in das andere hergestellt wird, zeigt die Besonderheit, daß vor dem Aufschrauben des weiteren Rohres ein Ring *a* auf das eingezogene Stück geschraubt und durch Bestreichen seiner Sitzfläche mit Salzsäure zum möglichst schnellen Festrosten gebracht wird. Dadurch wird eine Beschädigung des Gewindes durch Überdrehen des weiteren Rohres vermieden.

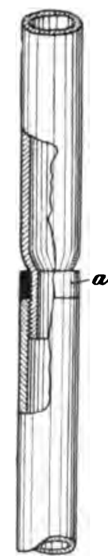


Fig. 119. Rohrverbindung nach Thumann.

35. — Einbringen der Verrohrung. Die Verrohrung kann eine „gültige“, d. h. bis zutage gehende, oder „verlorene“, d. h. nur an Ort und Stelle eingebrachte, sein. Man bringt heute bei Spülbohrung vorzugsweise die ersteren ein. Verlorene Rohrtouren werden meist dann verwendet, wenn nachträglich sich die Notwendigkeit herausstellt, an einer Stelle den Nachfall zurückzuhalten. Bei einer regelrechten und planmäßigen Verrohrung dagegen folgt die Rohrtour der Bohrung nach, und zwar entweder absatzweise oder ununterbrochen. Letzteres ist vorzuziehen, weil dann der Nachfall gänzlich vermieden wird; jedoch kann man in gutem Gebirge unbedenklich 300—500 m tief bohren, ehe man die Verrohrung nachsenkt.

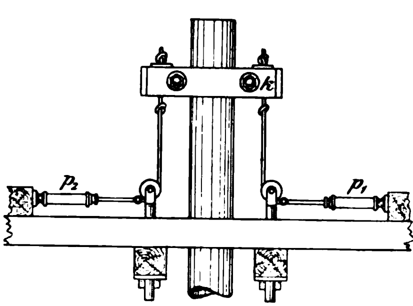


Fig. 120. Rohrpresse nach Winter.

Soweit für das Nachsinken der Verrohrung deren Eigengewicht nicht ausreicht, kann durch Gewichtbelastung oder Zug- oder Preßvorrichtungen nachgeholfen werden. Die notwendigen Angriffsflächen werden dabei durch Klemmbacken, die sog. „Röhrenbündel“, gebildet, welche ähnlich vielseitig wie die für Gestänge benutzten Gestängeschlüssel auch zum Einhängen, Abfangen, Verschrauben, Drehen und Heben der Rohrtour Verwendung finden. Wird mit Gewichten gearbeitet, so werden diese einfach auf die Röhrenbündel gelegt. Eine Zugvorrichtung zeigt Fig. 120; hier wird die Kraft durch Druckwasserzylinder p_1 p_2 geliefert,

deren Plunger durch Vermittelung der über Rollen geführten Drahtseile am Röhrenbündel angreifen. Eine durch Schraubenspindeln wirkende Zugvorrichtung ist der sog. „Preßkopf“, ein über das oberste Rohr geschobener Eisenklotz, der durch das Andrehen von Muttern, die sich auf fest im Fundament verankerten Schraubenspindeln nach unten schieben (umgekehrt wie in Fig. 125 auf S. 108), heruntergezogen wird und dadurch die Verrohrung herunterpreßt. Zur Aufnahme der letzteren hat sein Unterteil einen zylindrischen Hohlraum, der durch Einschalten von Einsatzstücken auch für engere Rohrtouren passend gemacht werden kann.

Auch Rammen können für das Nachdrücken von Verrohrungen Verwendung finden.

Sind beim Nachsenken der Verrohrung größere Widerstände zu erwarten, so wird ihr Fuß zweckmäßig durch einen angeschraubten, in eine Schneide auslaufenden, stählernen „Rohrschuh“ verstärkt.

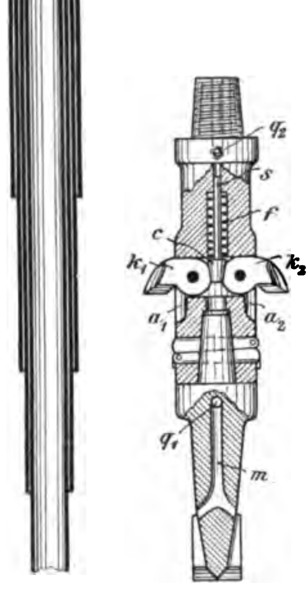


Fig. 121. Teleskopverrohrung.

Fig. 122. Erweiterungsbohrer nach Fauck.

Kann eine Verrohrung nicht tiefer gebracht werden, so muß eine zweite von entsprechend geringerem Durchmesser nachgeführt werden, der dann unter Umständen (Fig. 121) eine dritte, vierte usw. nachfolgen muß. Die hierdurch bewirkte Verengung des Bohrlochs wird um so schädlicher sein, je tiefer das Bohrloch werden soll. Daher greift man in tiefen Bohrlöchern vielfach, ehe man zum Einsetzen einer neuen Rohrtour übergeht, noch zu dem Mittel, durch Unterschneiden einer Rohrtour mit Hilfe eines Erweiterungbohrers das Nachsinken der Rohre zu erleichtern. Einen solchen Erweiterungbohrer, dessen Seitenschneiden naturgemäß während des Einlassens durch die Verrohrung zusammengedrückt werden müssen, zeigt nach Fauck Fig. 122: die Seitenschneiden k_1 k_2, welche um Bolzen drehbar sind, werden während des Einlassens durch einen darübergelegten, quer zur Meißelschneide gespannten, dünnen Draht teilweise in die Aussparungen $a_1 a_2$ zurückgedrückt; unterhalb der Verrohrung wird durch Aufschlagen des Meißels der Draht zerschnitten; durch die Schraubenfeder f werden dann mittels des kegeligen Druckstiftes c die Schneiden auseinandergetrieben. Die Wasserspülung verzweigt sich von q_2 aus auf beide Seiten und tritt dann durch q_1 und m aus.

Ein sehr einfaches Gezähe zum Unterschneiden von Verrohrungen ist der exzentrische Meißel, welcher ohne weiteres durch die Verrohrung hindurchgeht, unterhalb derselben aber sich nach außen stellt; jedoch ist man mangels einer sicheren Führung der Wirkung dieses Meißels nicht sicher.

Zum Einlassen von Rohren bedient man sich der Rohrheber oder Einlasser, von denen Fig. 123 ein Beispiel zeigt: das oberste Rohr hängt mit inneren Vorsprüngen auf den Sitzen der hakenförmigen Gelenkarme; ist die Verrohrung an Ort und Stelle angelangt, so werden durch Hochschrauben des oberen Querstücks mit Hilfe einer Schraubenspindel die beiden Gelenkarme außer Eingriff gebracht.

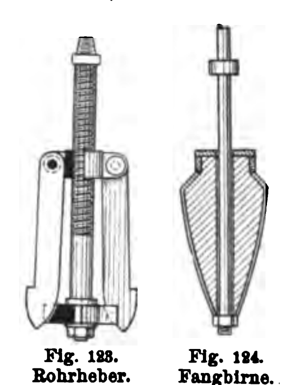


Fig. 123. Rohrheber. Fig. 124. Fangbirne.

36. — Ausziehen der Rohre. Große Schwierigkeiten bereitet vielfach das Ausziehen von nicht mehr notwendigen Verrohrungen, namentlich wenn sie schon längere Zeit im Bohrloch gesteckt haben. Ein früher vielfach zum Ausziehen verwendetes Gezähestück ist die Fangbirne (Fig. 124), bestehend in einem tonnenförmigen Holz- oder Eisenstück, das ziemlich genau in die Rohrtour paßt und an einem massiven Gestänge befestigt ist. Sie wird, an Ort und Stelle angekommen, durch Einwerfen von Sand oder feinem Kies zum Festklemmen gebracht und kann dann bei nicht zu großem Widerstande am Umfange der Verrohrung mit dieser zutage gehoben werden. Ein Nachteil ist allerdings auf der anderen Seite, daß eine einmal angeklemmte Birne meist nicht wieder gelöst werden kann. Daher verwendet man jetzt lieber andere Vorrichtungen. So kann z. B. auch der Röhreneinlasser (Fig. 123) zum Herausziehen von Verrohrungen benutzt werden, indem man ihn unter den Fuß der letzteren fassen läßt. Oder man übt auf Röhrenbündel, welche um die Rohre gelegt sind, eine kräftige Zug- oder Druckwirkung aus. Das kann geschehen durch einen Dampfkabel, dessen Seil an dem Röhrenbündel befestigt wird, oder durch einfache, untergesetzte Wagenwinden oder durch das Andrehen der Muttern von Zugschrauben ($v_1 v_2$ Fig. 125), welche oberhalb des Bohrlochs an einer starken Balkenlage $b_1 b_2$ verankert sind.

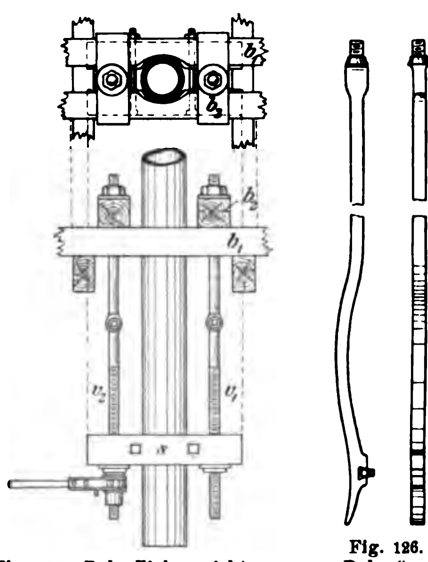


Fig. 125. Rohr-Ziehvorrichtung. Fig. 126. Rohrsäge.

Ist trotz aller Bemühungen mit Fangbirnen und ähnlichen Vorrichtungen die Verrohrung nicht in Bewegung zu bringen, so bleibt, um wenigstens Teile derselben wieder zu erlangen, nichts anderes übrig, als sie zu zerschneiden. Das geschieht in der Regel durch Herstellung eines

horizontalen Schlitzes mit Hilfe verschieden gestalteter Röhrenschneider oder -Sägen, von denen Fig. 126 eine einfache Ausführung zeigt: Die am unteren Ende eingesetzte Stahlschneide wird durch die Federwirkung in dem gebogenen Halter an die Rohrwand gedrückt.

b) Überwachung des Bohrbetriebes. — Verwertung und Deutung von Bohrergebnissen.

37. — **Bedeutung einer guten Aufsicht.** Zur sachgemäßen Leitung von Bohrbetrieben gehört nicht nur die Beaufsichtigung der Bohrarbeiten, sondern auch die Prüfung der durchsunkenen Gebirgschichten nach Beschaffenheit und Lagerung und der etwaigen Abweichung des Bohrlochs von der Lotrechten.

Die Verfolgung der durchbohrten Schichten ist schon für die Bohrarbeit selbst sehr wichtig, da sich danach die Wahl des jeweils zweckmäßigsten Bohrverfahrens zu richten hat. Weiterhin ist eine möglichst gründliche Kenntnis der durchsunkenen Schichtenfolgen wichtig für die Beantwortung der Fragen: „Hat die Bohrung ihren Zweck erreicht?" „Ist weiteres Bohren zweckmäßig oder aussichtslos?" usw. Bei nicht genügender Aufmerksamkeit können sogar nutzbare Lagerstätten unbeachtet überbohrt werden. Dazu kommt, namentlich bei tieferen Bohrungen, die hervorragende Bedeutung, welche die Feststellung der Bohrergebnisse für die geologische Wissenschaft hat.

38. — **Gesteinsproben.** Am einfachsten gestaltet sich diese Feststellung bei Bohrungen, welche, wie die Schappen- und Diamantbohrung, fortlaufend Kerne liefern. Ein besonderer Vorteil der Kernbohrung ist die Möglichkeit, wichtige Versteinerungen zutage zu fördern. Auch die Spülbohrung ohne Kerngewinnung ermöglicht im laufenden Betriebe eine einigermaßen zutreffende Beurteilung der durchbohrten Schichten aus der Farbe und Beschaffenheit der Spültrübe, die man in einem besonderen Behälter sich absetzen läßt. Jedoch ist naturgemäß diese Beobachtung nicht scharf, da bei tieferen Bohrungen immer erst einige Zeit nach dem Anbohren einer neuen Schichtenfolge deren Schlamm zutage gefördert wird und der Übergang, namentlich bei steilem Einfallen, sich nur allmählich kennzeichnet, auch bei nicht starken Farbenunterschieden leicht übersehen werden kann. Will man genauer prüfen, so muß man die Bohrung für kurze Zeit einstellen und die Spülung solange fortsetzen, bis klares Wasser austritt, um dann mit Spülung weiter zu bohren. In nicht verrohrten Bohrlöchern können die Bohrergebnisse durch Nachfall gänzlich verwischt werden.

Bei der Schmandförderung mit Löffeln wird sich der Übergang zu einer anderen Schichtenfolge nur im Groben feststellen lassen.

Die durch Kernbohrung, Spülung oder Löffeln gewonnenen Gesteinsproben werden zweckmäßig unter Angabe der jeweiligen Teufe (meist von Meter zu Meter) in besonderen Kästen mit Unterabteilungen aufbewahrt.

39. — **Stratameter.** Außer der Beurteilung der Beschaffenheit der durchbohrten Gebirgschichten ist für Schürf- und Untersuchungsbohrungen auch die Feststellung ihrer Lagerungsverhältnisse von

großer Bedeutung. Früher waren zur Ermittelung derselben, also des Streichens und Einfallens der Schichten, mindestens 3 nicht zu weit voneinander entfernte Bohrlöcher erforderlich, indem in jedem Bohrloch die Tiefenlage einer und derselben genau zu erkennenden Gebirgschicht festgestellt und durch die so erhaltenen 3 Punkte eine durch sie festgelegte Ebene gelegt wurde. Heute gibt die Kernbohrung, welcher wir so vorzügliche Aufschlüsse über die Beschaffenheit der durchbohrten Gesteinschichten verdanken, uns auch zur Erforschung der Lagerungsverhältnisse ein wichtiges Mittel an die Hand: das Streichen (und damit auch die Richtung und Neigung des Einfallens) einer beliebigen Gebirgschicht kann unmittelbar vom Bohrkern selbst abgenommen werden, wenn es gelingt, diesen über Tage in dieselbe Lage zu bringen, die er im Bohrloch eingenommen hat.

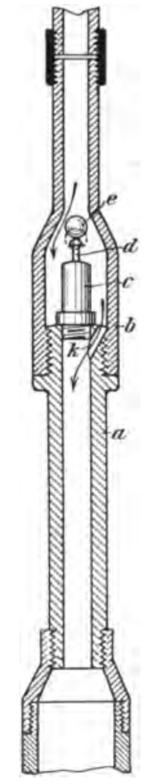


Fig. 127. Stratameter nach Meine.

Allerdings ist die Erfüllung dieser letzteren Bedingung wesentlich schwieriger, als es zunächst den Anschein hat. Da nämlich in einigermaßen tiefen Bohrlöchern das Bohrgestänge stets Schwingungen um seine Längsachse ausführt, die sich der Feststellung entziehen, so ist es selbst bei größter Vorsicht unmöglich, den Kern ohne jede Verdrehung zutage zu ziehen, wie das früher versucht wurde. Man griff deshalb den von dem Amerikaner Vivian ausgesprochenen Gedanken auf, eine mit dem Kern in feste Verbindung zu bringende Magnetnadel in der Stellung, die sie auf der Sohle des Bohrlochs eingenommen hat, zu arretieren und dann mit dem Kern zutage zu bringen. Solche und ähnliche Vorrichtungen werden als „Stratameter" bezeichnet. Unter den älteren Stratametern ist besonders der von Bergrat Köbrich angegebene zu nennen, der verschiedentlich Anwendung gefunden hat, auf dessen nähere Beschreibung jedoch, da er jetzt nicht mehr benutzt wird, hier verzichtet werden muß. Es sei nur auf ein einfaches neueres Beispiel einer solchen Anordnung, nämlich den Stratameter nach Dr. Meine, hier kurz eingegangen (Fig. 127): auf das Kernrohr ist das Rohrstück *a* mit dem Kompaßgehäuse *c* geschraubt; nachdem ein kurzer Kern erbohrt ist, hört man auf zu bohren, ohne jedoch die Spülung abzustellen, gibt der Magnetnadel Zeit, sich zu beruhigen und wirft darauf eine Kugel *e* in das Hohlgestänge, welche dem Spülwasser den Weg versperrt und infolgedessen durch den Wasserdruck gegen den Stift *d* gepreßt wird, welcher oben aus dem Kompaßgehäuse herausragt und, durch die Kugel niedergedrückt, die Sperrvorrichtung für die Magnetnadel betätigt. Die Rohrstücke *a* und *b* bestehen, wie stets in den Stratametern, aus einem die Magnetnadel nicht beeinflussenden Metall (Rotguß, Deltametall u. dergl.)

Bei dem Gothan-Ottoschen Stratameter (D. R.-P. Nr. 106910), der unter diesen neueren Vorrichtungen die größte Verbreitung erlangt hat, ist die Besonderheit hervorzuheben, daß zugleich mit der Sperrung der

Magnetnadel (hier durch ein Uhrwerk) auch ein kleines Lot ausgelöst wird, das mit seiner Spitze auf einer Stanniol- oder Papierscheibe einen Eindruck erzeugt, dessen Lage einen sicheren Schluß auf die Abweichung des Bohrlochs von der Lotrechten gestattet. Dadurch wird es möglich, auch die Ungenauigkeiten zu beseitigen, welche sich bei der Bestimmung des Streichens und Fallens daraus ergeben können, daß die oben stets vorausgesetzte lotrechte Stellung des Kerns in Wirklichkeit nicht vorhanden ist; der Kern kann nunmehr nicht nur im Grundriß, sondern auch im Raume über Tage vollständig wieder in die Lage gebracht werden, die er unten eingenommen hatte.

Neuere genaue Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß die Zuverlässigkeit aller mit Magnetnadeln arbeitenden Vorrichtungen nur sehr beschränkt ist. Trotzdem nämlich die Kompaßbüchse in einem magnetisch nicht beeinflußten, starkwandigen Rohr untergebracht ist, hat sich gezeigt, daß die eisernen Verrohrungen der Bohrlöcher so stark auf die Magnetnadel einwirken, daß in allen verrohrten Bohrlöchern — und diese bilden die Mehrzahl — diese Stratameter falsche Ergebnisse liefern.

Aber selbst wenn einwandfreie Stratametermessungen vorliegen, ist die richtige Beurteilung der Ergebnisse von Tiefbohrungen hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse eine schwierige Aufgabe, bei der Irrtümer leicht möglich sind: so kann z. B. ein Bohrloch, welches auf eine Störung (Fig. 128) oder einen durch eine diskordante Schichtenfolge bedeckten Luftsattel (Fig. 130) gestoßen ist, zu der Auffassung Veranlassung geben, daß keine nutzbaren Lagerstätten im Untergrunde vorhanden seien; das 3malige Anbohren einer überkippt-gefalteten Lagerstätte kann (Fig. 129)

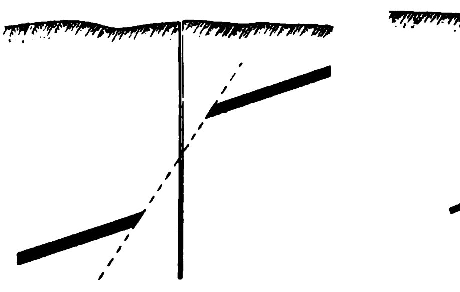




Fig. 128. Bohrung in einer Störung.

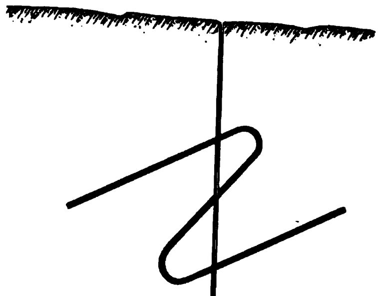


Fig. 129. Bohrung in überkippter Faltung.

zu dem Irrtum verleiten, daß man es mit 3 einzelnen Lagerstätten zu tun habe; größere Überschiebungen, die als solche nicht erkannt werden, können zu falschen Schlüssen führen, so daß man z. B. nach Anbohrung des Zechsteins unter einer diskordanten Auflagerung von oberer Kreide (Fig. 131) fälschlicherweise die Hoffnung aufgeben kann, noch die zwischen Zechstein und Buntsandstein auftretenden Kalisalzlager zu finden, oder daß in anderen Fällen wenigstens die Altersverhältnisse der durchsunkenen Schichten falsch beurteilt werden.

Vielfach gestattet daher erst eine größere Anzahl benachbarter Bohrlochaufschlüsse eine einigermaßen zutreffende Beurteilung der unterirdischen Lagerungsverhältnisse.

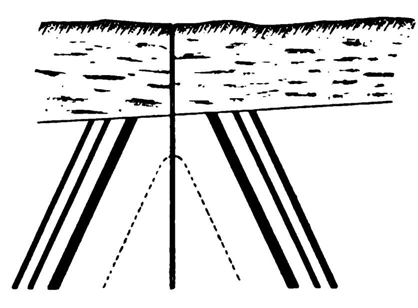


Fig. 130. Bohrung auf einem Luftsattel.

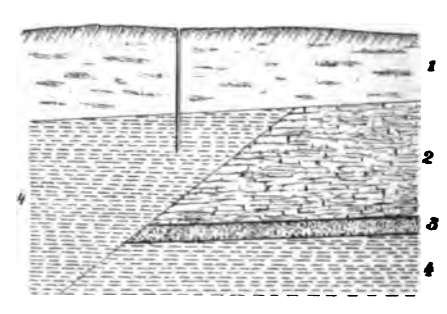


Fig. 131. Tiefbohrung und größere Überschiebung. 1 Obere Kreide, 2 Bundsandstein, 3 Kalisalzlager, 4 Zechstein.

40. — Bestimmung der Abweichungen aus der Lotlage. Das lotrechte Niederbringen der Bohrlöcher ist bei einigermaßen schwierigen Verhältnissen (Gerölleschichten, steiles Einfallen bei wechselnd festen Schichten, klüftiges Gebirge) mit den heutigen Mitteln überhaupt nicht zu erreichen, auch nicht beim stoßenden Bohren, welches in dieser Hinsicht bedeutend größere Sicherheit bietet als das Drehbohren. Daher weichen die meisten tieferen Bohrlöcher mindestens nach einer Richtung mehr oder weniger stark von der Senkrechten ab; in vielen Fällen sind aber auch Abweichungen mit wechselnder Richtung festgestellt worden; selbst korkzieherartig gewundene Bohrlöcher kommen häufig vor. Die Größe der Abweichungen kann sehr beträchtlich sein; durch neuere Messungen sind sogar Abweichungen im Verhältnis 1 : 10 festgestellt worden, was bei einem nur 100 m tiefen Bohrloch bereits eine Abweichung von 10 m bedeuten würde. Die Feststellung dieser Störungen ist zunächst, wie bereits erwähnt, für Stratametermessungen wichtig. Sie ist aber von größter Bedeutung für das Schachtabteufen mit Hilfe des Gefrierverfahrens, bei welchem sehr viel auf das möglichst lotrechte Niedergehen der Bohrlöcher oder doch wenigstens auf die möglichst genaue Feststellung der Abweichungen nach Größe und Richtung ankommt.

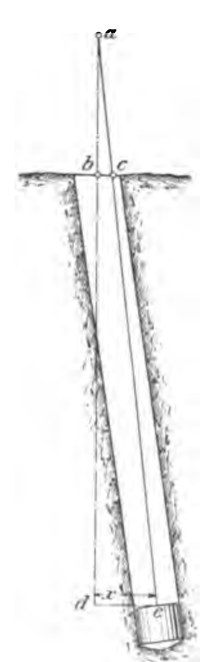


Fig. 132. Ermittelung der Schiefstellung von Bohrlöchern durch Lotung.

Es gibt zahlreiche Vorrichtungen, welche eine Lösung dieser Aufgabe, die sich bei genauerer Prüfung als außerordentlich schwierig erweist, anstreben. Am einfachsten ist das durch Fig. 132 veranschaulichte Lotverfahren mit geometrischer Rechnung: man hängt von einem genau zentrisch oberhalb des Bohrlochs liegenden Punkte aus ein Lot an einem auf eine Trommel gewickelten dünnen Kupferdraht ein und mißt die Längen ac und ae, sowie mit Hilfe von Schiebern

mit Millimeterteilung die Entfernung cb vom Bohrlochmittelpunkt b, in welcher der Lotdraht durch die Bohrlochmündung geht. Bei der verhältnismäßig geringen Größe der Ablenkungswinkel, um die es sich hier handelt, kann die Länge ad gleich der gemessenen Länge ae gesetzt werden. Es besteht nun, wenn die gesuchte Abweichung de mit x bezeichnet wird, das Verhältnis $x : bc = ae : ac$, also ist $x = \frac{bc \cdot ae}{ac}$. Ist z. B. $bc = 2$ cm, $ae = 50$ m und $ac = 3$ m, so ist $x = \frac{2 \cdot 5000}{300} = 33{,}3$ cm.

Dieses einfache Verfahren ist aber nicht anwendbar, wenn das Bohrloch an einer Stelle einen solchen Knick hat, daß dort der Lotdraht anliegt, weil dann die Abweichung unterhalb dieses Knicks sich der Messung entzieht. Es gestattet ferner nicht, Abweichungen nach verschiedenen Richtungen in verschiedenen Teufen, also einen gewundenen Verlauf des Bohrlochs, festzustellen. Außerdem aber sind verschiedene Fehlerquellen vorhanden: eine kleine Ungenauigkeit in der Messung der Länge bc kann das Ergebnis bereits erheblich beeinflussen; eine solche Ungenauigkeit ergibt sich aber außer aus mangelhafter Ablesung auch aus dem Durchhängen des Lotdrahtes. Ferner ist die genaue Übereinstimmung zwischen Lot- und Bohrlochmittelpunkt, welche bei der Rechnung vorausgesetzt ist, sehr schwierig zu erreichen.

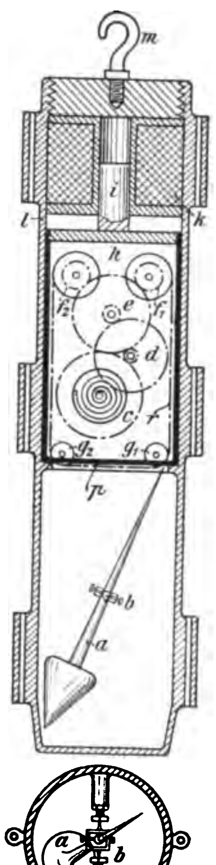


Fig. 138. Pendel-Meßapparat nach Erlinghagen.

Diese wesentlichen Mängel und Ungenauigkeiten sollen bei den in neuester Zeit u. a. von Bergingenieur Koerner und Oberingenieur Erlinghagen angegebenen Lotvorrichtungen vermieden werden. Beide greifen den beim Gothanschen Stratameter ausgeführten Gedanken wieder auf: in das Bohrloch ein Pendellot einzuführen und aus dessen Lage, die durch einen Eindruck der Lotspitze auf einem Papierstreifen ermittelt wird, auf die Richtung und Größe der Neigung des Bohrlochs an der betreffenden Stelle zu schließen. Eine genaue Beschreibung der ganzen Anordnungen mit ihrem verwickelten Bau und ihren verschiedenen, zur Beseitigung von Ungenauigkeiten und Fehlerquellen dienenden Einzelheiten kann hier nicht gegeben werden; nur die Hauptgedanken eines der Erlinghagenschen Patente seien hervorgehoben. In das Bohrloch werden mittels eines Drahtseils 2 starkwandige, teleskopartig ineinandergeschobene Rohre von je etwa nur 3 m Länge eingelassen, die sich gegenseitig durch Nut und Feder führen, so daß sie sich beim Ausziehen nicht gegeneinander verdrehen können. Durch einen Elektromagneten werden beide Rohre in der zusammengeschobenen Stellung festgehalten. Die geringe Länge soll

sie befähigen, allen Windungen des Bohrlochs ohne Biegung und eigene Verdrehung sich anzupassen. In diesen Rohren hängt, genau zentrisch an Drahtlitzen geführt, der in Fig. 133 dargestellte Lotkörper. Dieser schließt unten ein kardanisch aufgehängtes, also in 2 zueinander senkrechten Ebenen schwingendes Pendel *a*, oben in einem besonderen, verschiebbaren Gehäuse *h* ein Uhrwerk *cde* ein, welches durch Drehung der kleinen Trommel f_1 den Papierstreifen *r* auf diese auf- und von der zweiten Trommel f_2 abwickelt; dabei wird der Streifen durch die beiden Rollen $g_1 g_2$ vor der Spitze des Pendels vorbeigeführt. Für gewöhnlich wird aber durch den im obersten Teile des Lotkörpers untergebrachten Elektromagneten *k* das Gehäuse *h* samt Uhrwerk und Papierstreifen hochgehalten, so daß das Pendel frei schwingen kann. Soll in einer bestimmten Tiefe eine Messung gemacht werden, so wird der Strom des erstgenannten Elektromagneten (S. 113) unterbrochen, wodurch die Teleskoprohre sich auseinanderziehen. Sodann wird dem Pendel Zeit gegeben, sich der Rohrneigung entsprechend einzustellen. Darauf wird der Strom des Elektromagneten *k* unterbrochen; das Gehäuse *h* fällt herab, und die Spitze des Pendels sticht ein Loch in den Papierstreifen. Gleichzeitig werden in den letzteren die Kanten des inneren, das Gehäuse tragenden Zylindervorsprungs eingedrückt, die in genau derselben Entfernung vom Rohrmittelpunkte liegen, so daß dieser später nachträglich ermittelt und damit der Abstand des Loteindrucks von der Mitte nach Größe und Richtung festgelegt werden kann. — Nach der Messung wird das obere Rohr auf das untere geschoben, und die Stromkreise beider Magnete werden wieder geschlossen, so daß eine neue Messung vorgenommen werden kann, da ja der Papierstreifen mittlerweile weiter aufgewickelt worden ist. Es können also zahlreiche Messungen in geringen Teufenabständen vorgenommen werden, zumal auch innerhalb der Rohre selbst der Lotapparat in verschiedenen Höhenlagen eingehängt werden kann.

41. — Zeitverluste. Wirtschaftlich ist beim Bohrbetrieb von Bedeutung die Feststellung der für die einzelnen verschiedenartigen Arbeiten aufgewandten Zeit nach den Aufzeichnungen des Bohrmeisters. Es ergibt sich daraus vor allem die auf das eigentliche Bohren verwandte Zeit (sog. „reine Bohrzeit“) auf der einen, und die durch das Aus- und Einlassen des Meißels oder Schlammlöffels, durch Gestängebrüche, Fangarbeiten, Verklemmungen u. dergl. verbrauchte Zeit auf der anderen Seite. Einen Überblick über diese Verteilung der gesamten Bohrzeit auf die einzelnen Arbeiten gibt Fig. 134, welcher die von der Internationalen Bohrgesellschaft in Erkelenz im westfälischen Deckgebirge bei günstigen Verhältnissen gemachten Erfahrungen einer Reihe von Bohrungen als Durchschnittergebnis zugrunde liegen.

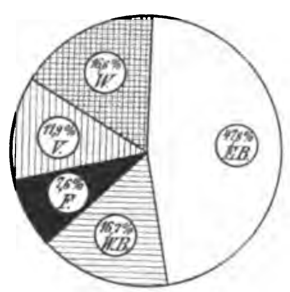


Fig. 134. Verteilung der Gesamtbohrzeit auf die einzelnen Arbeiten bei westfälischen Bohrungen. *E. B.* reine Bohrzeit, *W.* Wartezeit, *V.* Verrohrung, *F.* Fangarbeit, *W. B.* Bohrerwechsel.

Dritter Abschnitt.

Gewinnungsarbeiten.

I. Einleitende Bemerkungen.

1. — Allgemeines. Mittels der Häuer- und Gewinnungsarbeiten werden Grubenbaue, die dem Abbau oder der Aus- und Vorrichtung, der Förderung, Wetterführung, Wasserhaltung oder sonstigen bergmännischen Zwecken dienen sollen, entweder auf der Lagerstätte selbst oder im Nebengestein hergestellt.

Die Art der Arbeit auf der Lagerstätte einerseits und im Nebengestein anderseits ist nicht grundsätzlich verschieden, sondern hier und dort werden im wesentlichen die gleichen Geräte, Gezähe, Maschinen und Sprengstoffe gebraucht.

2. — Bedeutung der menschlichen Arbeitskraft. Die menschliche Arbeitskraft spielt bei den Häuer- und Gewinnungsarbeiten eine weit größere Rolle, als sie es z. B. bei der Förderung, Wasserhaltung oder Wetterführung tut. Bei diesen wird der Hauptteil der Arbeit durch maschinelle Kraft geleistet. Bei den Gewinnungsarbeiten bleiben wir stets in erster Linie auf den Bergmann selbst angewiesen. Während die maschinelle Kraft durch Vervollkommnung der Maschinen je länger desto billiger geworden ist, ist die menschliche Kraft ständig im Preise gestiegen. Der Arbeitslohn wächst mit zunehmender Kultur. Deshalb muß das Bestreben darauf gerichtet bleiben, auch bei den Gewinnungsarbeiten nach Möglichkeit die menschliche durch maschinelle Kraft zu ersetzen, um die Leistung zu steigern.

3. — Gedinge. Die Eigenart der bergmännischen Arbeit bringt es mit sich, daß eine dauernde Aufsicht unmöglich ist. Die Bezahlung für die Arbeit muß deshalb tunlichst im Gedinge erfolgen. Anderenfalls würden die Leistungen bald auf ein unerträglich niedriges Maß sinken. Gedingelohn ist auch gerechter als Schichtlohn, insofern als der fleißige und leistungsfähige Arbeiter mehr als der träge und schwache zu verdienen Gelegenheit haben soll.

Schichtlohn wird man auf Fälle beschränken, wo der Arbeiter eine unmittelbare Einwirkung auf das Maß der Arbeitsleistung nicht hat (z. B. bei Bremsern, Maschinenwärtern und unter Umständen bei Anschlägern), ferner wo es auf besonders sorgfältige und nicht auf schnelle Arbeit ankommt (z. B. bei der Aufführung wasserdichten Mauerwerks), oder schließlich, wo es völlig unmöglich ist, die Arbeitsleistung im voraus

abzuschätzen (z. B. bei dem Aufwältigen von Brüchen u. dergl.). Die eigentlichen Häuer- und Gewinnungsarbeiten werden dagegen fast stets im Gedinge ausgeführt.

4. — **Gewöhnliches Gedinge.** Das gewöhnliche Gedinge besteht in der Bezahlung einer gewissen Leistungseinheit und wird für einen nicht zu langen Zeitraum, in der Regel für einen Monat, abgeschlossen. Man unterscheidet hierbei hauptsächlich Längen-, Flächen-, Massen- und kubisches Gedinge. Das Längengedinge oder die Bezahlung für das laufende Meter ist namentlich beim Auffahren von Strecken, beim Aufbrechen oder Abteufen von Schächten und in ähnlichen Fällen üblich. Beim Flächengedinge wird der verdiente Lohn nach der Anzahl der verhauenen Quadratmeter berechnet. Das Massengedinge oder die Bezahlung je Tonne Kohle oder Erz wird gewöhnlich in der Lagerstätte angewandt. Kubisches Gedinge, das nach der Größe des hergestellten Hohlraumes berechnet wird, bringt man beim Ausschießen von Füllörtern, Maschinenräumen, Pferdeställen und vielfach beim Gangbergbau zur Anwendung.

Häufig wendet man gemischtes Gedinge an, indem man z. B. beim Streckenauffahren in der Kohle das Gedinge sowohl auf die aufgefahrene Streckenlänge als auch auf die dabei gewonnene Kohle stellt. Der Arbeiter wird sodann bei richtiger Gedingebemessung die Strecke weder zu eng noch zu weit auffahren.

Verschieden hohes Gedinge auf Stück- und Feinkohle begünstigt zwar den Stückkohlenfall, doch ist die gesonderte Wägung der Stück- und Feinkohle schwierig.

Überhaupt soll man nach Möglichkeit das Gedinge so setzen, daß der Arbeiter an der zweckmäßigen Ausführung der Arbeit interessiert wird.

5. — **Generalgedinge.** Unter Generalgedinge versteht man ein Gedinge, das für einen längeren Zeitraum oder für eine größere Arbeit insgesamt abgeschlossen wird. Als Beispiele mögen das Auffahren eines langen Querschlages, die Herstellung eines Schachtes und der Abbau einer ganzen Abteilung genannt sein. Voraussetzung ist hierbei stets, daß die Natur der Arbeit mit einiger Sicherheit im voraus beurteilt werden kann und es sich um annähernd gleichbleibende Verhältnisse handelt. Ist dies der Fall, so sollte man möglichst häufigen Gebrauch vom Generalgedinge machen.

6. — **Prämiengedinge.** Das Wesen des Prämiengedinges besteht darin, daß nach Erreichung einer gewissen Leistung der Gedingesatz sich erhöht. Z. B. kann beim Schachtabteufen ein Mindestlohn festgesetzt werden, der in jedem Falle gezahlt wird. Übersteigt aber die monatliche Leistung ein gewisses, ziemlich niedrig bemessenes Maß von beispielsweise 30 m, so wird jedes mehr abgeteufte Meter nach einem festen oder sogar steigenden Satze besonders vergütet. Bei Querschlagbetrieben zahlt man wohl ebensoviel Mark für ein Meter, als Meter im Monat aufgefahren sind, so daß mit jedem mehr aufgefahrenen Meter sich der Gedingesatz erhöht. Prämiengedinge übt noch mehr als Generalgedinge einen fördernden Einfluß auf Fleiß und Leistung der Arbeiter aus.

7. — Bedeutung des Gedinges. Wenn man die erziehliche Wirkung des Gedinges ausnutzen will, so darf man größere Unterschiede in den Löhnen nicht scheuen, da man durch Abreißen der Gedingesätze bei hohen Löhnen und durch häufige Zulagen bei niedrigen Löhnen den Glauben an die Festigkeit des Gedingevertrages zerstört.

Das Gedinge reizt um so mehr zu hoher Leistung, je kleiner die Kameradschaft ist. Am günstigsten sind die Ergebnisse, wenn man Kameradschaften von nur 2—3 Mann bilden kann, und noch mehr, wenn man mit einem einzelnen Manne für seine eigene Person Gedinge abzuschließen in der Lage ist. Die doppelte Förderschicht hat den Nachteil, daß sie zur Bildung größerer Kameradschaften führt, deren einzelne auf den verschiedenen Schichten beschäftigte Mitglieder sich nur wenig kennen lernen und sich jedenfalls nur unvollkommen überwachen können.

8. — Gewinnbarkeit. Die Höhe des Gedinges hängt, abgesehen von dem Umfange der Nebenarbeiten wie Ausbau usw., von der Gewinnbarkeit der Massen ab. Unter der Gewinnbarkeit versteht man den mehr oder minder großen Widerstand, den das Gebirge den Gewinnungsarbeiten entgegensetzt. Hierbei sind hauptsächlich zwei Eigenschaften der Gesteine, Härte und Zusammenhalt, von Einfluß.

Die Härte gibt den Grad des Widerstandes an, den eine Gesteinsart dem Eindringen spitzer Werkzeuge oder scharfer Gezähe entgegensetzt. Der Zusammenhalt des Gebirges ist als derjenige Widerstand zu bezeichnen, den ein Gebirgsstück bei seiner Loslösung aus dem Verbande mit dem übrigen Gebirge leistet. Der Zusammenhalt hängt oft weniger von der Härte als von der Spaltbarkeit, der Schichtung und dem Vorhandensein von Absonderungsflächen ab. Zäher Ton ist weich und läßt sich leicht schneiden; er besitzt aber einen großen Zusammenhalt und ist deshalb vielfach schwerer gewinnbar als ein an sich härteres Gestein.

Der Bohrmeißel hat die Härte, der Sprengschuß den Zusammenhalt des Gesteins zu überwinden. Vom Zusammenhalt ist die Fähigkeit des Gebirges zum Reißen abhängig. Je nach dem Zusammenhalte unterscheidet der Bergmann zwischen Gesteinen, die sich gut, und solchen, die sich schlecht schießen. Verhältnismäßig weiche Gesteine können sich schlecht schießen, wenn jede Schichtung und Lagenbildung fehlt (Gips). Massengesteine sind im allgemeinen schwerer gewinnbar als Sedimente. Das gute Reißen der geschichteten Gesteine begünstigt die Herstellung rechteckiger Streckenquerschnitte, während der Querschnitt der Strecken in Massengesteinen sich mehr der Kreisform nähern wird.

9. — Grade der Gewinnbarkeit. Nach dem Grade der Gewinnbarkeit unterscheidet man wohl rollige, milde, gebräche, feste und sehr feste Gesteine. Rollige Massen sind Sand, Kies und bereits hereingewonnene Berge, Kohlen oder Erze. Sie können mittels der Schaufel ohne weiteres geladen werden. Milde Gebirgsarten sind solche, die sich mit der Schaufel bearbeiten und insbesondere abstechen lassen, z. B. Ton, Lehm und manche Braunkohle. Gebräche Gesteine können mit der Keilhaue hereingewonnen werden. Hierhin gehört die gewöhnliche Braunkohle, weiche Steinkohle und unter Umständen Tonschiefer. Infolge Gebirgsdruckes kann an sich feste Kohle gebräch werden,

so daß sie mit der Keilhaue gewonnen werden kann. Beim Abbau nutzt man den Gebirgsdruck oft in dieser Beziehung aus. Anderseits kann Bergeversatz durch Gebirgsdruck zu festen Massen werden. Feste Gesteine pflegen zwecks Hereingewinnung gesprengt zu werden. Hierhin gehören feste Steinkohle, Kalk- und Sandsteine. Sehr feste Gesteine sind Granit, die meisten Konglomerate, Quarzit, Basalt u. dergl.

10. — **Besondere Rücksichten.** Nicht immer steht bei den Häuer- und Gewinnungsarbeiten die Wirtschaftlichkeit des Betriebes in erster Linie. Manchmal kommt es ebenso und noch mehr auf Schnelligkeit der Ausführung an. Man wählt dann trotz höherer Kosten den beschleunigten (sog. forzierten) Betrieb. Maßgebend ist hierbei die Rücksicht auf die Gesamtverhältnisse des Bergwerks.

Von Einfluß auf die Art der Arbeit ist schließlich auf Steinkohlengruben die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr. Im Hinblick auf sie muß die Frage entschieden werden, ob und welche Sprengstoffe und Zündungen angewandt werden dürfen, oder ob aus Sicherheitsgründen die Sprengarbeit gänzlich durch andere Arbeitsarten, z. B. durch Verwendung von Keilvorrichtungen, zu ersetzen ist.

II. Einfache Handarbeiten.

11. — **Einteilung.** Man unterscheidet a) die Wegfüllarbeit, b) die Keilhauenarbeit, c) die Hereintreibearbeit (Arbeit mit Schlägel und Eisen bezw. mit dem Spitzkeil).

a) Wegfüllarbeit.

12. — **Allgemeines und Gezähe.** Die Wegfüllarbeit kommt als Gewinnungsarbeit nur bei rolligem Gebirge, bei dem ein eigentlicher Zusammenhalt nicht vorhanden ist, in Betracht, bildet aber einen Teil jeder Gewinnungsarbeit, weil die auf beliebige Art hereingewonnenen Massen weggefüllt und in die Fördergefäße geladen werden müssen.

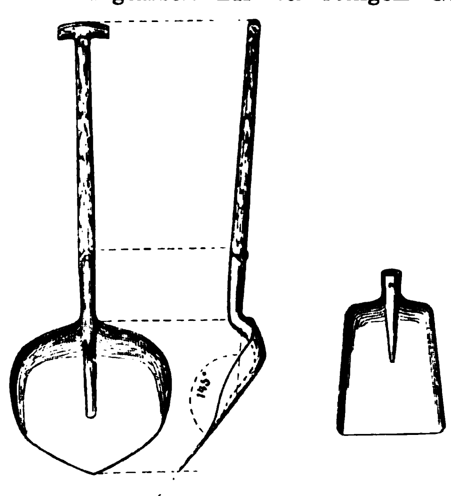


Fig. 135. Schaufel und Spaten.

Man bedient sich als Gezähes der Schaufel, des Spatens oder der Kratze und des Troges.

Schaufel und Spaten (Fig. 135) bestehen aus dem Blatte aus Stahlblech mit dem Ohre oder der Tülle zur Aufnahme des hölzernen Stieles. Bei der Schaufel bilden Blatt und Stiel einen Winkel von etwa 145°. Hierdurch wird dem Arbeiter das Aufnehmen von Haufwerk erleichtert, da er sich nicht allzutief zu bücken braucht. Das Blatt hat Herzgestalt oder ist trapezförmig. Beim Spaten verlaufen

Blatt und Stiel annähernd gradlinig. Man gebraucht ihn mehr über als unter Tage in denjenigen Fällen, wo die Massen zugleich abgestochen werden müssen.

Zwei verschiedene Kratzenformen sind in der Fig. 136 *a* und *c* dargestellt. Fig. 136 *a* zeigt eine Krückenkratze mit trapezförmigem, Fig. 136 *c* eine Spitzkratze mit herzförmigem Blatte. Am häufigsten wird die Krückenkratze gebraucht, die für loses, kleinstückiges Haufwerk besonders gut geeignet ist. Die Spitzkratze dient gleichzeitig zum Hereinhacken milden Materials.

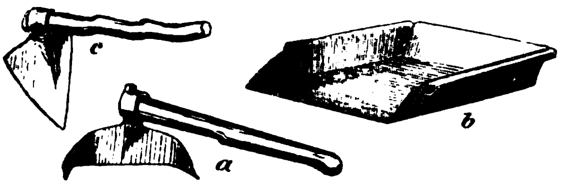


Fig. 136. Kratzen und Trog.

Der Trog (Fig. 136 *b*) ist ein muldenähnliches Gefäß aus Eisen oder Holz mit zwei seitlichen Griffen. Die zu ladenden Massen werden mittels Kratze in den Trog gezogen, worauf dieser mit Hand in den Förderwagen entleert wird.

Die Arbeit mit Kratze und Trog wird bei grobstückigen Massen, die sich schlecht schaufeln lassen, vorgezogen. Bei Verwendung von Kratze und Trog wird das Fördergut weniger zerkleinert als bei dem Werfen mit der Schaufel. Namentlich ist dies der Fall, wenn der Förderwagen nicht unmittelbar an die wegzufüllenden Massen herangebracht werden kann.

13. — Leistungen. Ein Arbeiter ladet unter Tage in der 8stündigen Schicht unter günstigen Verhältnissen 12—18 t, falls er die Wagen nicht fortzuschieben braucht. Muß er die Wagen noch 50—100 m weit fahren, so wird er kaum über 10 t kommen. Hierbei spielt Größe und Ladegewicht der Wagen eine bedeutende Rolle. Über Tage kann ein Arbeiter in 10—12 Stunden etwa 12 cbm mittelfesten, feuchten Sandes (Stichboden) auf Mannshöhe, ohne Fortbewegung der Wagen, laden: es würde dies einer Leistung von ungefähr 20—22 t entsprechen.

b) Keilhauenarbeit.

14. — Allgemeines. Die Keilhauenarbeit ist eine selbständige Gewinnungsarbeit für mildes Gebirge (Braunkohle, Steinkohle in manchen Fällen, Letten, Galmeierde u. dergl.). Im übrigen ist sie eine Hilfsarbeit für die Hereintreibe- und Sprengarbeit. Sie dient hierbei zum Schrämen, Schlitzen oder Kerben und zum Abräumen der angerissenen, aber noch nicht aus dem ursprünglichen Verbande gelösten Massen.

Gestalt und Form der Keilhaue sind sehr verschieden. Man unterscheidet die einfache Keilhaue, die doppelte Keilhaue, die Keilhaue mit Einsatzspitzen, das Schrameisen und die Breit- oder Rodehaue.

15. — Gezähe. Die einfache Keilhaue (Fig. 137 *a*) besteht aus Blatt und Stiel oder Helm. An dem Blatte aus Stahl befindet sich die Spitze (das Örtchen) einerseits und das Auge anderseits, das zur Aufnahme des Helmes dient. Der mittlere Querschnitt des Blattes pflegt rechteckig

zu sein. Die Spitze bildet, um eine allzu schnelle Abnutzung zu verhüten, einen stumpfen Kegel. Die Rückseite des Auges ist, da man die Keilhaue häufig zum Schlagen benutzt, verstärkt. Das Helm pflegt aus Eschen- oder Weißbuchenholz gefertigt zu sein. Eichenholz ist zu spröde und reibt stark; es „brennt“ in der Hand.

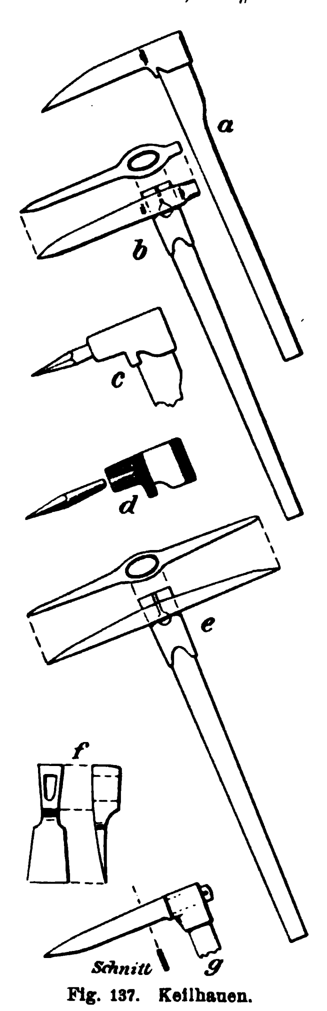


Fig. 137. Keilhauen.

Die Befestigung des Helmes im Auge erfolgte früher durch das sog. Bestecken. Jetzt pflegt man andere Befestigungsarten zu benutzen. Entweder läßt man das Helm nach seinem Ende zu konisch sich verdicken und gibt dem Auge eine entsprechende Form. Dabei ist die Stärke des ganzen Helmes so bemessen, daß man es von oben durch das Auge stecken kann, bis es mit dem verstärkten Ende im Auge seinen Halt findet. Oder man benutzt eine federnde, nach oben sich verbreiternde Stahlhülse (Fig. 137 *b*). Auch hier zieht sich beim Gebrauche der Keilhaue das konische Auge immer fester um die Stahlhülse und klemmt so das Helm fest. Zur Verhütung des Abstreifens der Hülse versieht man diese wohl mit einer Innenrippe.

16. — Die doppelte Keilhaue oder Kreuzhacke (Fig. 137 *e*) besitzt zwei einander gegenüber stehende Spitzen, so daß sie nur halb so oft als die einfache Keilhaue zum Schärfen in die Schmiede gebracht zu werden braucht. Die Kreuzhacke liegt wegen des gleichen Gewichts zu beiden Seiten des Helmes bequem in der Hand, was namentlich bei der Arbeit in liegender Stellung angenehm ist. In engen Bauen ist allerdings die Handhabung behindert.

17. — Durch Verwendung von Einsatzspitzen an der Keilhaue wird das Schärfen ungemein erleichtert, da nicht die Keilhauen selbst, sondern nur die Spitzen zur Schmiede gebracht zu werden brauchen (Fig. 137 *c* und *d*). Bei der in Fig. 137 *g* dargestellten Keilhaue ist nicht allein die Spitze, sondern das ganze Blatt im Auge auswechselbar eingerichtet. Diese Art Keilhauen wird z. B. im Mansfelder Kupferschieferbergbau benutzt. Die Keilhauen mit Einsatzspitzen werden besonders für Schramzwecke gebraucht, wo mehr die Spitze als das eigentliche Blatt beansprucht wird und es auf möglichst geringes Gewicht ankommt.

18. — Die Schrämeisen (Fig. 138) sind schmale, leichte Keilhauen, bei denen das Blatt rechtwinkelig zu einem Stiele umgebogen ist,

in dessen Auge das Helm gesteckt wird. Sie werden auch ganz aus Stahl gefertigt. Die Schrämeisen werden für schmale Schrampacken gern gebraucht. Zu ihrer Ergänzung beim Ausputzen der Ecken benutzt man Schrämspieße, bei denen der eiserne Stiel und das Blatt gradlinig verlaufen. Die Stange oder der Stiel ist 2—$2^1/_2$ cm stark und 100 bis 160 cm lang.

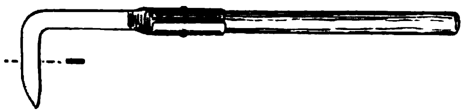


Fig. 138. Schrämeisen.

19. — **Wahl des Gezähes.** Das Gewicht der Keilhaue schwankt in den weiten Grenzen von 0,6—4,0 kg. Bei der Auswahl spielt die Gewöhnung der Arbeiter eine große Rolle. Für die Grube selbst ist möglichst gleichmäßiges Gezähe mit einheitlichen Formen, Gewichten, Helmbefestigungen und Helmen zu empfehlen. Gewöhnlich findet man auf einer Grube eine schwere einfache Keilhaue, eine schwere und eine leichte Kreuzhacke und eine leichte Keilhaue mit Einsatzspitzen. Für alle genügen zwei verschiedene Arten von Helmen.

20. — **Breithaue.** Für Arbeiten über Tage in milden Gebirgsarten gebraucht man die Breit- oder Rodehaue, die nicht in eine Spitze, sondern in eine quer zum Helme gerichtete Schneide ausläuft (Fig. 137 *f*).

c) Hereintreibearbeit.

21. — **Allgemeines und Gezähe.** Die Hereintreibearbeit bezweckt die Gewinnung von Gesteins- oder Kohlenmassen durch einfaches Abkeilen oder Abtreiben. Es ist dies die uralte Arbeit mit Schlägel und Eisen. Der Schlägel trägt jetzt den Namen Fäustel, statt des mittels eines Stieles gehaltenen Eisens bedient man sich eines einfachen Keils.

Die Fäustel (1—3 kg schwer) sind dieselben, wie sie für die Bohrarbeit mit Hand benutzt werden (Fig. 139). Der Keil ist ein gewöhnlicher Spitzkeil oder Fimmel (Fig. 140) oder ein Breitkeil. Letzterer wird besonders bei deutlich ausgeprägten Schichten im Gestein oder in der Kohle benutzt. Durch Schläge mit dem Fäustel auf den gegen das Gestein gesetzten Keil sucht man einzelne Gebirgsstücke loszusprengen.

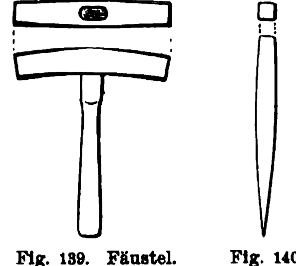


Fig. 139. Fäustel. Fig. 140. Spitzkeil.

Die Hereintreibearbeit ist im wesentlichen durch die Sprengarbeit verdrängt worden. Nur als Hilfsarbeit bei dieser kommt sie noch mehr oder weniger regelmäßig zur Geltung. Außerdem greift man auf die Hereintreibearbeit zurück, wenn die Zerklüftung der Gebirgsstöße durch Sprengschüsse vermieden werden soll. Solche Fälle sind z. B. das Ausspitzen von Widerlagern für Brand- und Wasserdämme, die Herstellung von ebenen Flächen für Pumpenträger und Keilkränze und das Wegspitzen des Gebirges unter dem Fuße von Schachtmauerungen oder Kuvelagen.

III. Sprengarbeit.

22. — Geschichtliches. Die Erfindung der Sprengarbeit — d. i. die Benutzung einer im Bohrloche eingeschlossenen Sprengladung zur Loslösung des Gebirges — ist einer der Marksteine in der Entwickelung menschlicher Kultur. Der heutige Bergbau beruht zum allergrößten Teile auf dem Gebrauche und der Verwendung der Sprengstoffe. Die erste sichere Nachricht über die Verwendung des schon einige Jahrhunderte früher bekannten Pulvers zur Sprengarbeit findet sich in einer Niederschrift des Schemnitzer Berggerichtsbuches vom 8. Februar 1627, wonach ein Tiroler Bergmann, namens Caspar Weindl, an diesem Tage im Oberbiberstolln bei Schemnitz in Ungarn die erste Sprengung durchgeführt hat. Bald darauf wurde die Sprengarbeit auch in anderen Bergwerksbezirken eingeführt.

Bis 1865 wurde für die Sprengarbeit allein das Schwarzpulver benutzt. Zwar war schon 1845 von Schönbein die Schießbaumwolle und 1847 von Sobrero das Sprengöl (Nitroglyzerin) erfunden. Aber erst im Jahre 1864 fand Nobel, daß das Sprengöl im Bohrloche durch Aufsetzen einer Pulverladung oder einer Sprengkapsel zur Explosion gebracht werden kann. Nobel erfand weiter 1866 das Gurdynamit und 1878 die Sprenggelatine. In der Mitte der 1880er Jahre erschienen die ersten Sicherheitssprengstoffe auf dem Markte, die im Verhältnis zum Schwarzpulver und Dynamit eine erhöhte Sicherheit gegenüber der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr besitzen.

23. — Ähnlich wichtig wie die Vervollkommnung der Sprengstoffe war die Einführung der maschinellen Bohrarbeit. Die Erfindung der Bohrmaschinen fällt in die zweite Hälfte der 50er Jahre des vorigen Jahrhunderts. Im größeren Maßstabe wurden Bohrmaschinen seit 1861 beim Mont Cenistunnel benutzt. Es handelte sich um Maschinen von Sommelier. Ihre Einführung hatte zur Folge, daß der 12,2 km lange Tunnel in der Hälfte der veranschlagten Zeit (im Jahre 1870) fertig gestellt wurde.

Herstellung der Bohrlöcher.

Die Herstellung der Bohrlöcher erfolgt mit Hand oder mittels Maschinenkraft.

A. Bohrarbeit mit Hand.

24. Einteilung. Mit Hand arbeitet man schlagend, stoßend oder drehend. Das schlagende Bohren wendet man hauptsächlich in hartem, festem, das stoßende in mittelfestem Gestein und das drehende in weicheren Gebirgsschichten an. Neben dieser unmittelbaren Handarbeit gebraucht man auch Handbohrmaschinen.

25. — Gezähe. Das Gezähe für das schlagende Bohren ist Fäustel und Bohrer. Außerdem benutzt man für abwärts gerichtete Bohrlöcher den Krätzer oder einen Wassereimer mit Schöpfgefäß. In letzterem Falle pflegt man auf den Bohrer eine Bohrscheibe aus Leder zu schieben.

26. — Fäustel. Das Fäustel aus Stahl (Fig. 139 auf S. 121) ist entsprechend dem Schwingungsradius von etwa 50 cm schwach gekrümmt.

Die Endflächen oder Bahnen des Fäustels müssen rechtwinkelig zur Krümmungslinie verlaufen, damit kein Prellen entsteht. Das Helm besteht aus Weißbuchen- oder Eschenholz. Das Gewicht eines Fäustels beim einmännischen Bohren beträgt etwa $1^1/_2$ kg; nur beim Bohren von unten nach oben (sog. Schlenker- oder Hopserbohren) werden schwerere Fäustel (bis zu 4 kg) verwandt.

Zweimännisches Bohren pflegt in Bergwerken nur selten geübt zu werden. Über Tage, in Steinbrüchen, findet man es häufiger. Alsdann werden Fäustel von 3—4 kg Schwere gebraucht.

27. — **Bohrer.** Der Bohrer besteht aus einer runden, sechs- oder achtkantigen Stahlstange von etwa 18—20 mm Dicke, an deren einem Ende die Schneide ausgeschmiedet wird. Nach der Form der Schneide unterscheidet man Meißel-, Kronen-, Z-, Kreuz- und I-Bohrer, von denen die ersten vier in den Figuren 141 und 142 dargestellt sind. Am häufigsten sind die einfachen Meißelbohrer. Die Schneide bildet bei ihnen eine gerade, eine gebogene oder gebrochene Linie. Die höchste Bohrleistung erzielt ein geschickter Arbeiter mit der einfachen geraden Schneide. In hartem Gestein pflegt man aber Meißel mit einer gebogenen Schneide vorzuziehen, weil die Ecken besser geschont werden. Die beiden Schneideflächen sind bei Bohrern für härteres Gestein abgesetzt (Fig. 141), und die Schneide selbst ist unter einem Winkel von etwa 90° zugeschärft. Je härter das Gestein ist, desto stumpfer wählt man den Schneidenwinkel.

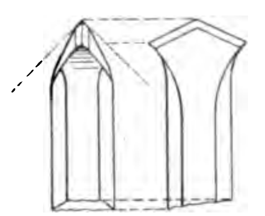


Fig. 141. Zuschärfung des Bohrmeißels bei einem Meißelbohrer.

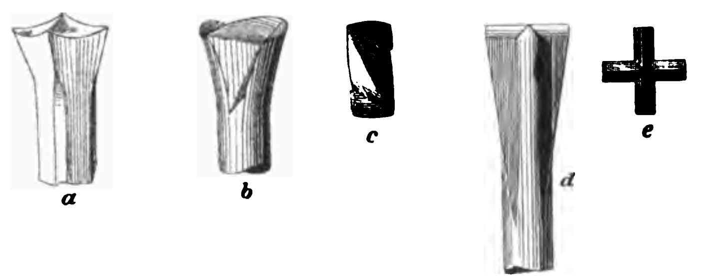


Fig. 142. Kronen-, Z- und Kreuzbohrer.

Die sonstigen Meißelformen haben den Vorzug, daß das Bohrloch leichter rund zu halten ist. Diese Schneiden sind aber schwieriger herzustellen und ihre Wirkung sinkt beträchtlich.

Da man für die Fertigstellung eines Bohrloches mehrere Bohrer anwenden muß und das Bohrloch wegen der andauernden Abnutzung der Meißelecken fortgesetzt enger wird, gibt man den Schneiden der einzelnen Bohrer eine verschiedene Breite, derart, daß die kürzesten Bohrer die breiteste Schneide haben.

28. — **Stoßendes Bohren.** Damit für die Stoßbohrarbeit — ohne Fäustel — die Bohrstange ein angemessenes Gewicht erhält und in jeder Stellung bequem gehandhabt werden kann, wird sie auf 1,5 m und darüber

verlängert; um die Bohrer nicht zu oft zur Schmiede schicken zu müssen, pflegt man sie an beiden Enden mit Schneiden zu versehen (Fig. 143).

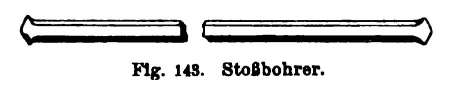


Fig. 143. Stoßbohrer.

Das stoßende Bohren empfiehlt sich besonders bei abwärts gerichteten Bohrlöchern (Schachtabteufen).

29. — **Drehendes Bohren.** Zum drehenden Bohren mit Hand benutzt man den Schlangenbohrer (Fig. 144). Dieser ist aus einer stählernen Stange mit rechteckigem (▭) oder rhombischem (◇) Querschnitt nach Art eines Holzbohrers spiralförmig gewunden. Erstere Form schafft das Bohrmehl besser aus dem Loche, letztere verdreht sich weniger leicht, ist also fester und für härteres Gestein geeigneter. Der Schlangenbohrer endigt nach vorn in zwei schneidenartige Spitzen, die für weiches Gebirge lang ausgezogen sein können. Für härteres Gestein laufen die Schneiden nach der Mitte unter einem stumpfen Winkel nahe zusammen.

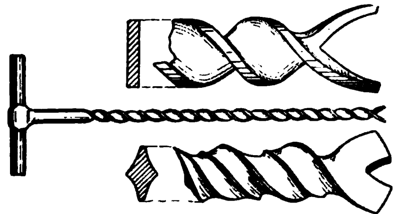


Fig. 144. Schlangenbohrer.

30. — **Auswechselbare Schneiden.** Zur Erleichterung des Schärfens hat man vielfach versucht, die Schneiden oder die ganze Spitze abnehmbar einzurichten, so daß nicht die ganze Bohrerstange zur Schmiede gebracht zu werden braucht. Es hat sich aber immer wieder gezeigt, daß die scheinbare Vereinfachung mit wesentlichen Übelständen verknüpft ist. Die Festigkeit des Bohrers leidet, und insbesondere wird die Herausschaffung des Bohrmehls aus dem Loche durch die Verdickung an der Verbindungsstelle der Teile behindert.

31. — **Ausführung der Bohrarbeit.** Am hinteren Ende der Stange ist das Auge angeschmiedet, durch das ein Holzgriff gesteckt wird. Bei der Arbeit muß der Bohrer gedreht und gleichzeitig so stark gegen das Gebirge gedrückt werden, daß die Schneiden fassen können.

An Stelle des Griffes benutzt man auch Kurbeln. Der erforderliche

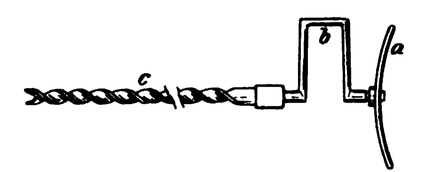


Fig. 145. Schlangenbohrer mit Kurbel und Brustblech.

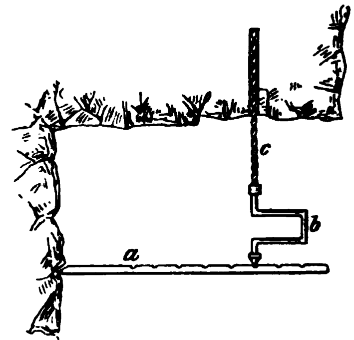


Fig. 146. Schlangenbohrer mit Kurbel und Bohreisen.

Druck kann (Fig. 145) mittels eines drehbar auf der Kurbel *b* sitzenden Brustbleches *a*, gegen das sich der Arbeiter mit der Brust lehnt, erzeugt werden.

Viel angewandt wird das Bohren mit dem Bohreisen (Fig. 146). Es ist dies ein mit Spitze versehener Flachstahl, der mit dieser gegen einen Gesteinsvorsprung gesetzt wird. Das Bohreisen trägt als Widerlager für die Endspitze der Kurbel einzelne runde Aushöhlungen. Bei der Arbeit wird das freie Ende des Bohreisens und damit die Kurbel gegen das Gestein gedrückt, während die Kurbel gedreht wird. Entsprechend dem Tieferwerden des Bohrloches sucht man für die Spitze des Bohreisens neue Stützpunkte.

32. — Leistungen. Im allgemeinen schwanken die Leistungen der Handbohrarbeit je nach der Härte des Gesteins, der Geschicklichkeit des Arbeiters und der Wahl des Gezähes in den weitesten Grenzen. Die Leistungen des drehenden Bohrens mit Hand sind sehr gut, solange der vom Arbeiter ausgeübte Druck von etwa 10—20 kg für das Fassen und Eingreifen der Bohrerschneide in das Gebirge genügt. Auf 1 m Bohrloch kann man unter solchen Verhältnissen 10—30 Minuten Bohrzeit rechnen. Wird das Gestein fester, so daß man mit Stoßbohrern arbeiten muß, so gebraucht man etwa 20—60 Minuten für ein 1 m Bohrloch. Bei Verwendung von Meißelbohrern und Fäustel kann man in festem Sand- und Kalkstein und in Konglomerat 1—4 Stunden auf die genannte Bohrlochlänge rechnen.

Handbohrmaschinen.

33. — Allgemeines. Handbohrmaschinen wendet man zur Erhöhung der Leistungen der Handbohrarbeit an. Sie werden nicht etwa mit mechanischer Kraft, sondern, wie der Name besagt, lediglich mit Hand angetrieben.

34. — Stoßende Handbohrmaschinen. Mehrfach sind stoßend wirkende Handbohrmaschinen vorgeschlagen und versucht worden. Bei diesen wird mit Hilfe einer Kurbel nebst Schwungrad der Bohrer zurückgezogen und gleichzeitig eine Feder gespannt. Nach Abgleiten eines Hebeldaumens von einer Triebscheibe schnellt die Federkraft den Bohrer frei vor, so daß er gegen das Gestein schlägt. Trotz vieler Versuche haben sich solche Maschinen nicht einbürgern können.

35. — Drehende Handbohrmaschinen. Vielmehr arbeiten die sämtlichen in die Praxis eingeführten Handbohrmaschinen drehend. Alle diese Maschinen haben das Gemeinsame, daß sie zwischen der Gebirgswand und einem festen Widerlager eingespannt werden. Dieses und nicht der Arbeiter nimmt den Gegendruck auf. Die Folge ist, daß ein erheblich höherer Bohrdruck als beim gewöhnlichen Handbohren erzeugt werden kann und die Bohrerschneide auch in festes Gestein eindringt. Das vorteilhafte drehende Bohren bleibt so auch für mittelhartes Gebirge anwendbar.

36. — Einfachste Handbohrmaschine. Die einfachste Handbohrmaschine (Fig. 147) besteht aus einer den Schlangenbohrer *a* tragenden Schraubenspindel *b*, der Schraubenmutter *c* und dem Gestell *d*. Die Mutter ist mit zwei Zapfen versehen und wird mit diesen in das als Widerlager dienende Gestell eingehängt. Die Schraubenspindel wird mittels Kurbel *e* oder einer Bohrratsche (Knarre) in Umdrehung versetzt.

Die Kurbel ist bei genügendem Raum bequemer und läßt sich schneller drehen, während die Knarre einen größeren Druck auszuüben und die Maschine unmittelbar am Stoße aufzustellen gestattet. Mit jeder Umdrehung schiebt sich die Schraubenspindel mit dem Schlangenbohrer so viel voran, als die Gewindesteigung beträgt. Man bemißt den Vorschub auf $2^1/_2$—5 mm auf eine Umdrehung.

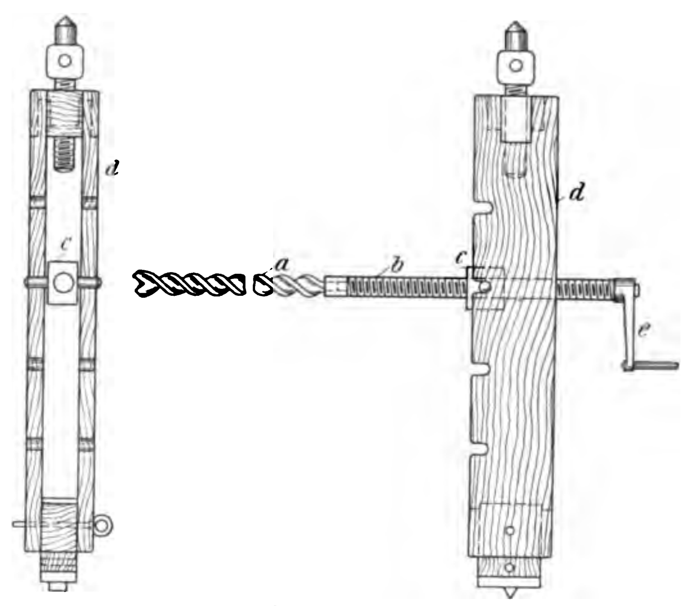


Fig. 147. Handbohrmaschine einfachster Art.

Ist die Spindel ganz vorgeschraubt, so dreht man sie etwas zurück, um den Schlangenbohrer abnehmen zu können. Alsdann legt man die Spindel um 180° herum, so daß das kurze Ende wieder nach vorn zeigt, setzt einen längeren Bohrer auf und kann von neuem mit dem Bohren beginnen.

Ähnlich einfach ist die Russellsche Bohrmaschine (Fig. 148), bei der die Mutter *d* einseitig mittels eines einzigen Zapfens *i* gehalten wird. Über das Gestell dieser Maschine ist Ziff. 45 zu vergleichen.

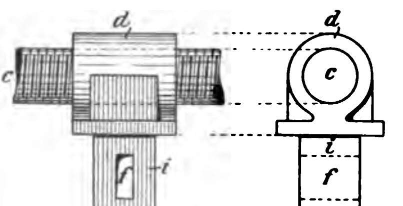


Fig. 148. Russellsche Bohrmaschine.

Die an dieser Grundform der Maschinen vorgenommenen Verbesserungen betreffen: 1. die Zurückziehbarkeit der Schraubenspindel und 2. die Regelung des Vorschubes.

37. — Geteilte Mutter. Die Zurückziehbarkeit wird bei den meisten Maschinen dadurch erreicht, daß man die Mutter zweiteilig einrichtet. Die beiden Hälften können aufgeklappt oder durch Hebel und Exzenter oder Schrauben voneinander bewegt werden. Aus den Figuren 152, 154 und 157 ist die

Bauart ersichtlich. Zwecks Bohrerwechsels oder nach erfolgtem Abbohren des Loches löst man die Mutter und zieht die Schraubenspindel mit dem Schlangenbohrer ohne weiteres zurück. Man spart also das zeitraubende Zurückschrauben der Spindel. Ein Nachteil der geteilten Mutter ist starker Verschleiß.

Bei den Maschinen von Ulrich (Fig. 150) und Elliot (Fig. 153) ist die Zurückziehbarkeit auf andere Weise erreicht.

38. — Regelung des Vorschubes. Der gleichmäßige Vorschub auf jede Umdrehung, den die zuerst erwähnten Maschinen (Fig. 147 und 148) besitzen, ist durchaus zulässig, wenn es sich um ein gleichbleibendes Gestein mit bekannter Härte handelt. Die Gewindesteigung kann dann der Gesteinshärte auf der Grube angepaßt werden. Wechselt das zu bohrende Gestein häufiger, so ist die Regelbarkeit des Vorschubes erwünscht.

Bei einigen Bohrmaschinenarten hat man sich mit der Möglichkeit begnügt, entsprechend der Gesteinshärte verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten einstellen zu können, wobei man dann aber an den einmal eingestellten Vorschub für jede Umdrehung der Spindel so lange gebunden bleibt, bis der Vorschub wiederum umgestellt wird. Man erreicht dies durch Differentialrädergetriebe (Fig. 149). Die den Vorschub der Spindel *a* bedingende Schraubenmutter *b* erhält selber eine Drehbewegung, die aber langsamer als diejenige der Spindel sein muß. Denn wenn Spindel und Mutter sich gleich schnell drehen würden, so könnte jene in dieser überhaupt nicht voranrücken. Durch Nut und Feder treibt nun die Schraubenspindel *a* das Zahnrad *c*, dieses das Zahnrad *d* an. Auf der Welle des letzteren sitzt Zahnrad *e*, das dem Zahnrad *f* und damit der mit diesem fest verbundenen Mutter *b* eine gewisse Drehgeschwindigkeit gibt. Je nach den Größenverhältnissen der auswechselbaren Zahnräder kann man verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten der Schraubenspindel einstellen. Die Bohrmaschine von Jarolimek war derart gebaut. Ähnliche Vorschubregelungen werden auch bei den elektrisch angetriebenen Drehbohrmaschinen der Siemens-Schuckertwerke und der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft benutzt (s. Ziff. 87—89 auf S. 158 ff.).

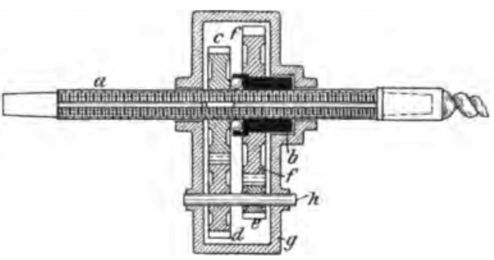


Fig. 149. Handbohrmaschine mit Differentialrädervorschub.

39. — Ulrichsche Maschine. Im Grundgedanken den gleichen Vorschub benutzt die Handbohrmaschine von Ulrich-Staßfurt, die auf Salzgruben viel gebraucht worden ist (Fig. 150). Mit der Schraubenspindel *b* ist durch Nut und Feder das Zahnrad *c* verbunden, so daß dieses an der Drehung der Spindel teilnehmen muß. Außerdem ist in dem Bohrmaschinengehäuse die Welle *e* gelagert, an deren einem Ende sich der Hebel *f* befindet. Auf der Welle sitzt drehbar die Schnecke *g*,

die mit dem Zahnrad *d* verbunden ist. Die Schnecke *g* steht im Eingriff mit der Spindel *b*, das Zahnrad *d* im Eingriff mit dem Zahnrad *c*.

Wird nun die Spindel *b* mittels der Kurbel *a* gedreht, so setzt das mitgehende Rad *c* das Rad *d*, dieses die Schnecke *g* in Bewegung. Das der Spindel *b* als Muttergewinde dienende Gewinde der Schnecke *g* schraubt gleichsam die Spindel *b* zurück und verlangsamt so deren Vorschub. Die Größe des verbleibenden Vorschubes hängt von den Größenverhältnissen der Zahnräder und der Gewindesteigung auf Spindel und Schnecke ab.

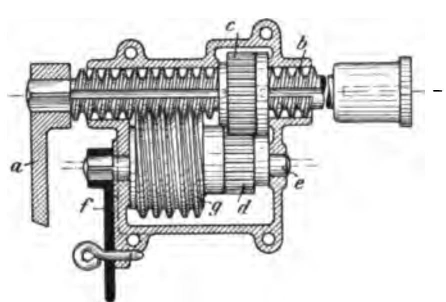


Fig. 150. Bohrmaschine von Ulrich.

Die Welle *e* ist exzentrisch verlagert, um durch ein Herumschwenken des Hebels *f* ein Ausrücken der Schnecke *g* bewirken zu können, wodurch ein schnelles Zurückziehen der Spindel nach Beendigung der eigentlichen Bohrarbeit oder beim Bohrerwechsel ermöglicht wird.

40. — **Selbsttätige Vorschubregelung.** Bei dem auf Steinkohlengruben gewöhnlich vorkommenden Gebirge sind Handbohrmaschinen, deren Vorschub sich selbsttätig der häufig wechselnden Gesteinshärte anpaßt, beliebter. Eine solche Regelung des Vorschubes wird dadurch erreicht, daß man die Vorschubmutter nicht fest, sondern drehbar verlagert und sie an der Drehung der Bohrspindel bis zu einem gewissen, durch die Gesteinshärte bedingten Grade teilnehmen läßt. Wenn eine Spindel in einer Schraubenmutter sich unter Druck voranschraubt, so hat die Mutter das Bestreben, sich mitzudrehen. Tut sie dies im selben Maße wie die Spindel, so hört der Vorschub auf. Die Mutter darf also nur zum Teil sich mit der Spindel mitdrehen und wird zu diesem Zwecke unter Bremswirkung gestellt. Für hartes Gestein, für das ein hoher Bohrdruck erforderlich ist, wird die Bremse ziemlich fest angezogen, so daß die an sich erforderliche Drehung der Mutter einen gewissen Widerstand findet. Für weiches Gestein kann der Bohrdruck geringer sein Soweit die Mutter sich überhaupt mitdrehen muß, braucht sie daher nur mit geringerer Bremskraft gehalten zu werden.

41. — **Germania-Maschine, Thomassche Maschine.** Eine solche Vorschubregelung ist bei vielen Maschinenformen in ähnlicher Weise vorhanden. Hierhin gehört z. B. die Germania-Maschine von Korfmann in Witten (Fig. 151). In einer Hülse *e* liegt die Bohrmutter *d*, die durch Vorschrauben des Konus *h* beliebig stark gebremst werden kann.

Bei der Thomasschen Maschine (Fig. 152) ist die eigentliche Schraubenspindel *i* hohl. In der glatten Bohrung liegt die runde Bohrstange *k*, die vorn den Schlangenbohrer trägt. Bohrstange und Schraubenspindel sind durch ein Bremsband *l* miteinander verkuppelt. Wird der Widerstand des Gesteins zu groß, so dreht sich die Bohrstange in dem Bremsbande allein, ohne die Schraubenspindel mitzunehmen und der Bohrer

rückt nicht vor. Der oben besprochene Gedanke ist hier also in etwas anderer Weise ausgeführt. In der Fig. 152 *c* ist die Einrichtung der

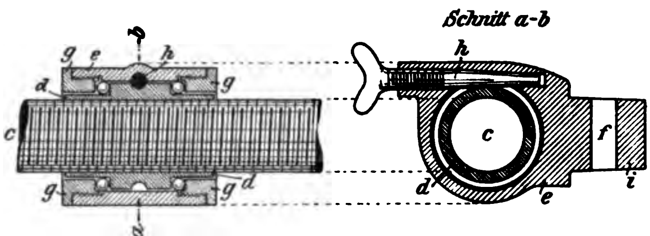


Fig. 151. Germania-Bohrmaschine.

geteilten Mutter noch besonders dargestellt. Durch Umlegen des Hebels *p* bewegt die gekröpfte Welle *o* die obere Hälfte der Mutter m_1 nach oben,

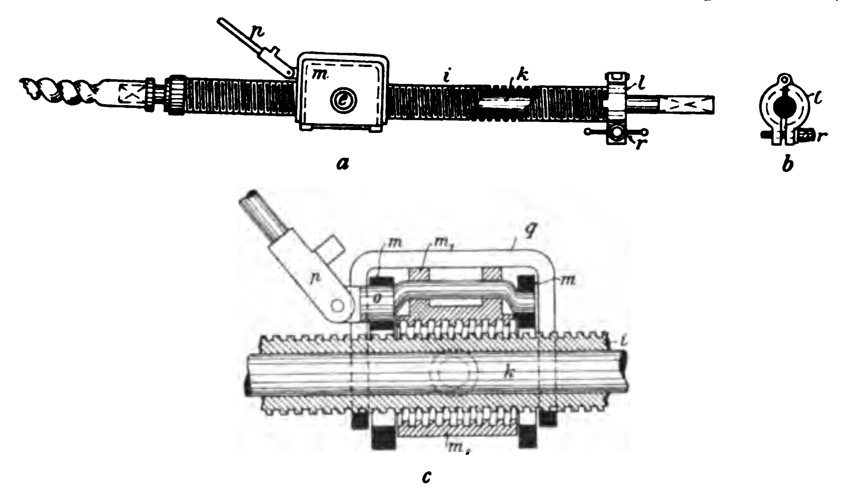


Fig. 152. Thomassche Bohrmaschine.

wobei gleichzeitig durch den Bügel *q* die Spindel *i* aus der unteren Mutterhälfte gehoben wird.

42. — Elliotsche Maschine. Auch die Elliotsche Maschine (Fig. 153) beruht auf einem ähnlichen Gedanken. Statt einer geschlossenen Mutter ist ein Schneckenrad *c* angewandt, das, auf zwei seitlichen Ringflächen *d* drehbar, in einer zweiteiligen Lagerschale *e* untergebracht ist. Die Schale trägt die Befestigungszapfen *h*. Die untere Hälfte der Schale ist um ein Scharnier *f* beweglich und kann durch eine Schraube *g* angezogen werden, wobei das Rad durch Druck auf die Ringflächen *d* beliebig festgebremst wird. Beim Bohren in hartem Gestein wird der Vorschub durch Rückwärtsdrehung des Schraubenrades verzögert. Das Zurückziehen der Bohrer erfolgt dadurch, daß man die Bremse lüftet und nunmehr mit leichter Mühe die Bremse über das sich drehende Schneckenrad hinwegzieht.

Die Elliotschen Maschinen waren zufolge ihrer Einfachheit früher sehr verbreitet, sind aber allmählich mehr und mehr verschwunden, weil die Zähne des Schneckenrades sich schnell abnutzen. Maschinen mit einer

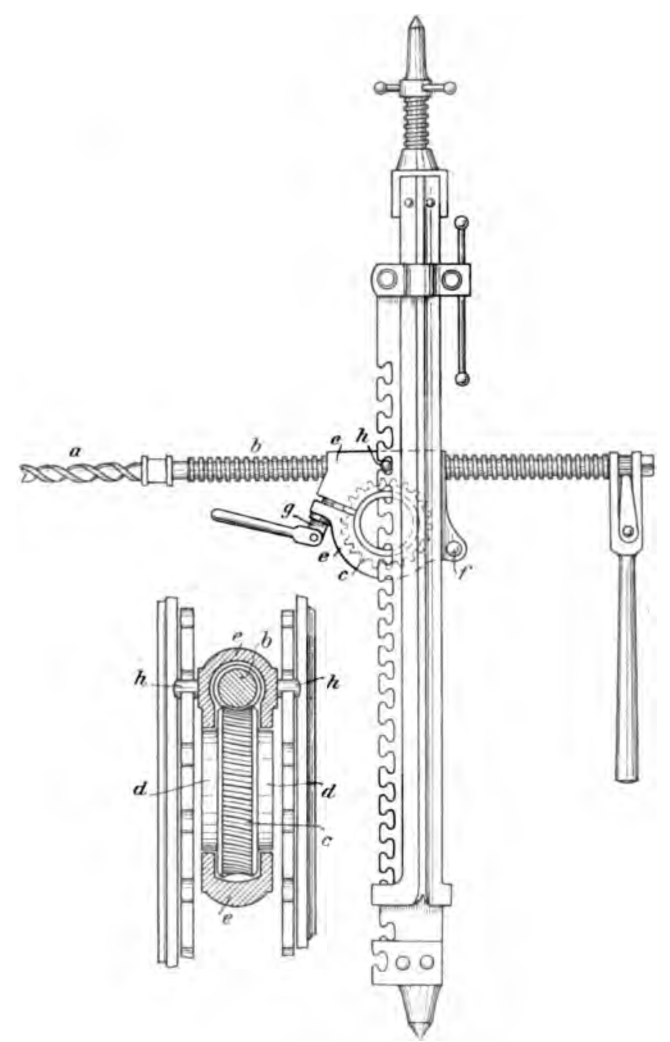


Fig. 153. Bohrmaschine von Elliot.

geschlossenen, die Bohrspindel gänzlich umfassenden Mutter sind dauerhafter und namentlich für härteres Gestein, für das ein bedeutenderer Bohrdruck erzeugt werden muß, geeigneter.

43. — Heisesche Maschine. Die Bremsung bei den vorgenannten Maschinen bedeutet stets einen gewissen Kraftverlust und stellt einen unnützen Arbeitsaufwand dar. Die Heisesche Maschine (Lieferanten: Frie-

mann & Wolf) sollte diesen Übelstand beseitigen (Fig. 154). Die zweiteilige Mutter *a* bildet den Kopf einer längeren Hülse *b*, die verschiebbar in dem Lagerstück *c* ruht. Zwischen diesem Lager und der Mutter sitzt auf der Hülse eine einstellbare Spiralfeder *d*, welche die Hülse mit der Mutter nach vorn zu schieben trachtet. Ein Herausschieben wird dadurch verhindert, daß hinten auf der Hülse eine Zahnkuppelung *z* angebracht ist, die in entsprechende Zähne des Lagerstücks eingreift.

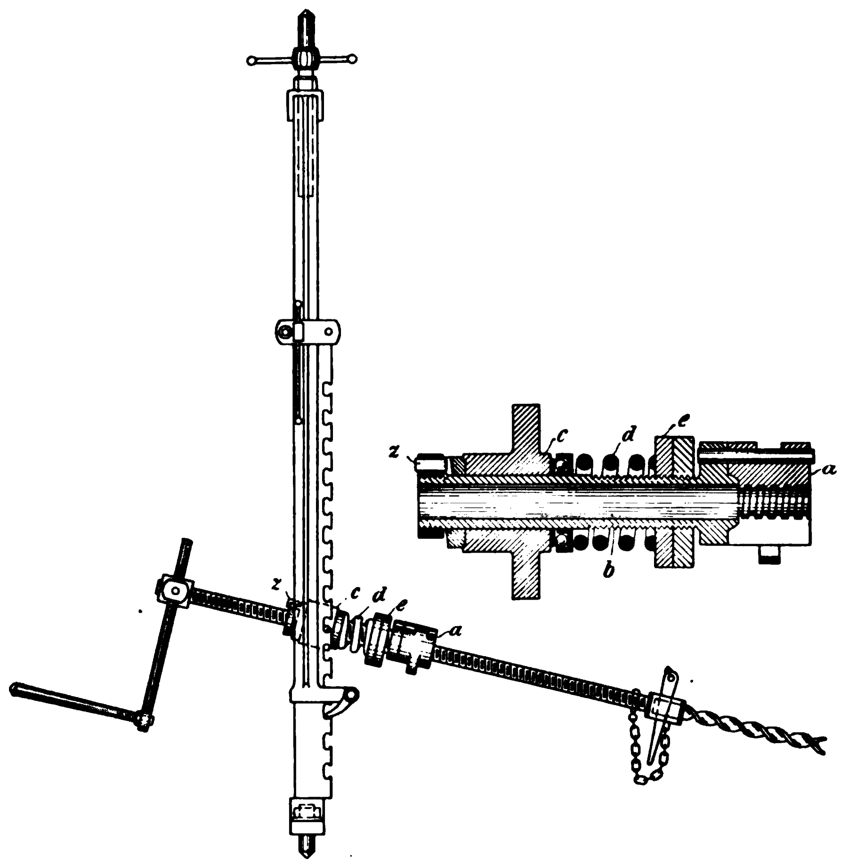


Fig. 154. Heisesche Handbohrmaschine.

Hierdurch wird Mutter *a* und Hülse *b* für gewöhnlich verhindert, an der Drehung der Bohrspindel teilzunehmen. Hat aber der Bohrer beim Eindringen in das Gestein einen Widerstand zu überwinden, der größer als der Druck der gespannten Feder *d* ist, so wird die Mutter mitsamt der Hülse etwas zurückgeschoben. Es tritt nun der Zahn *z* aus der Kuppelung, so daß sich die Mutter mit der Hülse für eine gewisse Zeit frei drehen kann. Dies geschieht so lange, bis das Loch weit genug vertieft ist, daß die Kuppelung wieder eingreift. Dasselbe Spiel wiederholt sich fort-

während. Zur Verminderung der Reibung ist zwischen Feder *d* und Lagerstück *c* ein Kugellager eingeschaltet.

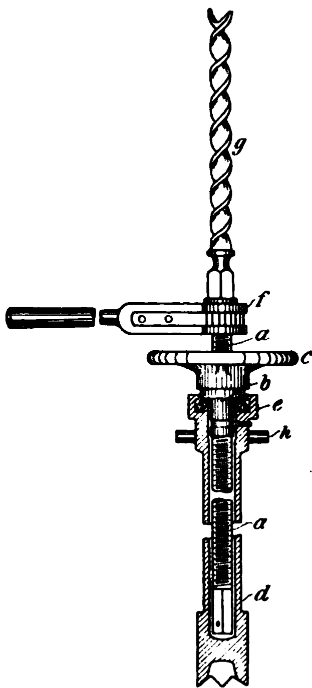


Fig. 155. Handbohrmaschine Westfalia.

44. — Westfalia-Maschine. Denselben Zweck der Vorschubregelung ohne Kraftverlust erreicht die Gelsenkirchener Armaturenfabrik Westfalia dadurch, daß sie bei ihrer Maschine (Fig. 155) die Vorschubmutter *b* frei drehbar auf das Lagerstück *e* setzt und mit einem Handrade *c* versieht. Der Arbeiter hält nun während des Bohrens mit der linken Hand das Rad zunächst fest, wobei er den vollen Bohrervorschub erhält. Wird der Widerstand des Gesteins zu groß, so läßt er für kurze Zeit das Handrad los, und die Mutter dreht sich so lange mit der Spindel, bis der Bohrer sich wieder frei gearbeitet hat. Der Arbeiter regelt so ununterbrochen nach seinem unmittelbaren Gefühl den Vorschub, was sich als praktisch bewährt hat. Das Vorschieben und Zurückziehen der Spindel zwecks Bohrerwechsels geschieht durch Drehung des Handrades. Die Maschine ist sehr einfach und wenig ausbesserungsbedürftig. Sie wird mittels der Zapfen *h* in ein Gestell eingehängt oder mit Standröhre (s. Ziffer 46) benutzt. Die letztere Ausführung ist in der Fig. 155 dargestellt.

45. — Gestelle. Alle Handbohrmaschinen werden für die Arbeit in einem Gestell oder in einer Standröhre oder in einem Maschinenhalter befestigt.

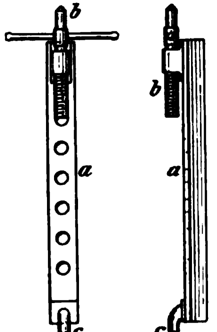


Fig. 156. Einseitiges, gekröpftes Gestell für Handbohrmaschinen.

Das gewöhnliche Gestell ist rahmenartig, zweiteilig symmetrisch aus Holz oder Eisen gearbeitet. Bei der einfachsten Form (Fig. 147) sind beiderseits eiserne Spitzen vorhanden, von denen gewöhnlich eine herausgeschraubt werden kann. Solche Gestelle eignen sich aber nur für im voraus bekannte, sich gleichbleibende Flözmächtigkeiten. Wo diese wechseln oder die Gestelle in verschieden weiten Räumen angewandt werden sollen, sind die Gestelle fernrohrartig ausziehbar und besitzen außerdem noch ausschraubbare Spitzen (Figuren 153 und 154).

Durch besondere Einfachheit zeichnen sich die gekröpften, einseitigen Gestelle aus (Fig. 156). Trotz nur einseitiger Befestigung der Maschinen findet eine Drehwirkung auf das Gestell nicht statt, weil die Kröpfung der beiden Enden bewirkt, daß die Mittelachse der Maschine in der Achse der beiden Gestellstützzapfen liegt. Allerdings sind die Gestelle,

wo es auf einen größeren Bohrdruck ankommt, nicht in dem Maße wie die zweiteiligen geeignet, weil sie nicht ein ebenso festes Einspannen wie diese vertragen.

46. — **Standröhren.** Als die Handbohrmaschinen Ende der 1880er Jahre allgemeineren Eingang beim deutschen Bergbau fanden, wurden sie fast ausschließlich in Verbindung mit Gestellen gebraucht. Je länger desto mehr hat man sich gewöhnt, statt der Gestelle Standröhren zu benutzen. Die Maschine ist häufig mit der Röhre fest verbunden (Fig. 155). Fig. 157 zeigt eine Maschine, bei der die Standröhre drehbar in einem gezackten Fuße ruht und mit diesem durch eine Bremse verbunden ist.

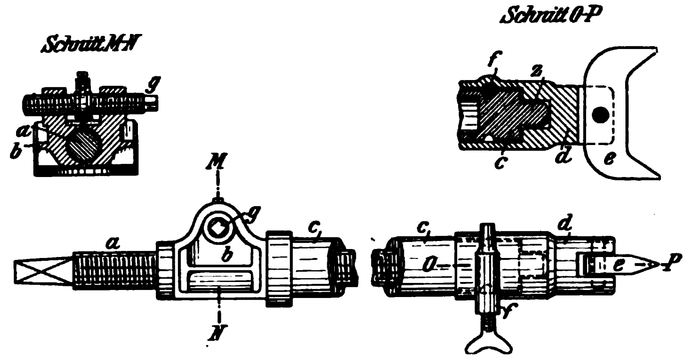


Fig. 157. Handbohrmaschine von Korfmann.

Die Bohrmutter selbst sitzt fest auf der Röhre, so daß der Vorschub durch die Drehung der Röhre auf dem feststehenden Fuße geregelt wird.

Bei anderen Maschinen wird die Verbindung zwischen Maschine und Standröhre erst im Bedarfsfalle hergestellt, und die Röhre selbst steht fest.

Bei der Arbeit setzt man den Fuß der Röhre gegen ein beliebiges Widerlager, z. B. eine Kappe, einen Stempel oder dergl. Maschinen mit Standröhren haben sich namentlich in Aufbrüchen gut bewährt, werden jetzt aber auch in Strecken- und Abbaubetrieben den Gestellmaschinen vielfach vorgezogen, weil die Handhabung des Gestells als lästig und unbequem empfunden wird und die Herrichtung eines geeigneten Widerlagers meist nicht schwer ist. Der Antrieb der Spindel geschieht bei den Standrohrbohrmaschinen durch Knarre.

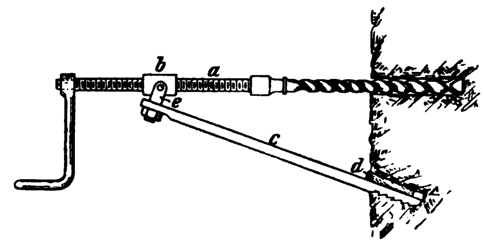


Fig. 158. Maschinenhalter mit Handbohrmaschine.

47. — **Maschinenhalter.** In den Vereinigten Staaten von Nordamerika viel verbreitet ist die Bohrarbeit mit Maschinenhaltern, die in dem Ortsstoße selbst befestigt werden (Fig. 158). Neben dem zu bohrenden Loche wird zunächst ein 12—15 cm tiefes Befestigungsloch gebohrt, in

welches der Fuß des Maschinenhalters *c* gesteckt und durch Eintreiben eines Keils *d* festgeklemmt wird. An dem freien Ende ist der gabelförmige Halter *e* zwecks Aufnahme der eigentlichen Bohrmaschine befestigt. Bei uns haben sich diese Maschinenhalter noch nicht einbürgern können. Allerdings erfordern die Herstellung der Befestigungslöcher und das Festmachen der Halter darin einige Übung.

48. — **Leistungen.** Mit Handbohrmaschinen kann man 1 m Bohrloch, je nach der Härte des Gesteins, in 10—30 Minuten reiner Bohrzeit abbohren. Insoweit dies nicht gelingt, wird man meistens zweckmäßig eine andere Art der Bohrarbeit wählen, weil in solchem Falle das Gestein für Handbohrmaschinen bereits zu hart ist.

B. Maschinelle Bohrarbeit.

49. — **Überblick.** Bei den Bohrmaschinen mit mechanischem Antrieb kann man ebenso wie bei der Bohrarbeit mit Hand ein schlagendes, stoßendes und drehendes Bohren unterscheiden. Da aber die Schlagbohrmaschinen bei uns erst seit dem Jahre 1906 ausgedehntere Verwendung gefunden haben und in ihrer Bauart und Wirkung sich in vielen Stücken an die altbekannten Stoßbohrmaschinen anlehnen, sollen sie erst nach diesen besprochen werden.

Die Stoßbohrmaschinen werden mit Preßluft oder mit Elektrizität angetrieben.

a) Stofsbohrmaschinen.

Preßluft-Stoßbohrmaschinen.

50. — **Arbeitsweise.** Bei den Preßluftbohrmaschinen wird in einem Zylinder durch den Druck der abwechselnd auf dem einen und anderen Ende eintretenden Preßluft ein Arbeitskolben schnell hin und her geschleudert, auf dessen Kolbenstange ein Meißelbohrer aufgesetzt ist. Der Bohrer muß nach jedem Stoße regelmäßig umgesetzt werden. Außerdem muß ein Vorschub des Arbeitszylinders entsprechend dem Tieferwerden des Loches stattfinden.

Demgemäß sind drei gesondert zu betrachtende Arbeitsvorgänge zu unterscheiden.

51. — **Das Spiel des Arbeitskolbens.** Beim Hin- und Hergang des Arbeitskolbens mit dem Meißelbohrer wird Nutzarbeit nur beim Vorstoße des Bohrers in dem Augenblicke geleistet, wenn die Bohrerschneide mit der im Arbeitskolben, in der Kolbenstange und dem Bohrer aufgespeicherten, lebendigen Kraft gegen das Gestein trifft. Der Rückzug des Bohrers dient nur dazu, den Arbeitsfortgang zu ermöglichen. Während der Vorstoß des Bohrers deshalb möglichst kräftig und schnell erfolgen soll, kann der Rückzug mit verminderter Kraft vor sich gehen. Ein gewisser Kraftüberschuß ist allerdings auch beim Rückgange des Kolbens erforderlich, damit etwaige Klemmungen des Bohrers im Loche überwunden werden.

Diese verschiedene Kraftäußerung wird dadurch erzielt, daß beim Vorstoße des Bohrers die Preßluft auf die ganze hintere Kolbenfläche wirkt, während sie beim Rückgange nur auf die durch den Querschnitt der Kolbenstange verminderte Kolbenfläche drückt. Dadurch, daß man

die Kolbenstange verhältnismäßig stark macht, kann man die Rückzugskraft der Maschine herabsetzen und an Luft sparen.

52. — Zylinderdurchmesser und Hublänge. Die Schlagkraft der Maschine hängt außer vom Zylinderdurchmesser auch von der Länge des Hubes ab. Denn je länger die Preßluft Zeit hat, auf den Kolben zu wirken, um so größer wird die ihm erteilte Geschwindigkeit. Ein langer Hub wirkt ferner dadurch günstig, daß das Bohrmehl mehr aufgerührt und besser aus dem Bohrloche befördert wird. Dieser Vorzug des langen Hubes macht sich besonders bei tiefen, annähernd wagerecht verlaufenden Löchern geltend, die sonst schwer vom Bohrmehl freizuhalten sind.

Nicht immer jedoch sind die größten Zylinderdurchmesser und Hublängen am vorteilhaftesten. Denn die Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen das Eindringen des Bohrmeißels ist an der Oberfläche am geringsten. Es ist deshalb sehr wohl möglich, daß 3 schwächere Schläge, die jedesmal das Gestein an anderer Stelle der Oberfläche treffen, mehr Masse absprengen und so eine größere Wirkung haben als ein einziger, starker Schlag, in dem die dreifache lebendige Kraft zur Äußerung kommt. Für hartes Gestein haben sich daher große und lange Maschinen, für weiches kleinere Maschinen mit möglichst großer Schlagzahl als vorteilhaft erwiesen.

Die üblichen Maschinen haben Zylinderdurchmesser von 55—100 mm und Hublängen von 150—280 mm.

53. — Vorbemerkungen über die Steuerung. Von besonderer Wichtigkeit ist die Umsteuerung. Es lag nahe, für die ersten Bohrmaschinen die bei der Dampfmaschine benutzten Steuerungsteile zu übernehmen und den Steuerschieber oder -kolben mechanisch durch Stangen, Exzenter u. dergl. durch die Kolbenstange des Arbeitskolbens antreiben zu lassen. Tatsächlich waren die ältesten Bohrmaschinen auf diese Art ausgeführt. Ein Beispiel ist die älteste Meyersche Maschine (Fig. 159), bei der ein auf der Kolbenstange *a* befestigter Bund *b* beim Hin- und Hergange des Kolbens abwechselnd gegen die Nocken *d* eines doppelarmigen Schwinghebels *e* stieß und hierdurch der Stange *f* und dem daran sitzenden Steuerschieber eine hin und her gehende Bewegung erteilte.

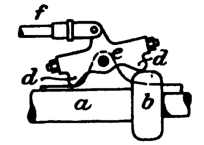


Fig. 159. Antrieb der Steuerung bei der ältesten Meyerschen Maschine.

Derartige Steuerungen haben sich aber für Bohrmaschinen nicht bewährt. Die Bewegung des Arbeitskolbens nach vorn wird notwendig durch einen Stoß begrenzt. Wenn nun andere Maschinenteile unmittelbar mit dem Kolben gekuppelt sind, so haben sie sämtlich diesen Stoß aufzunehmen und darunter zu leiden. Sie verschleißen bald, und Brüche und Verbiegungen sind die Folge. Maschinen mit unmittelbar vom Arbeitskolben bewegten Steuerungsteilen werden deshalb jetzt nicht mehr gebaut.

54. — Einteilung der neueren Steuerungen. Bei den neueren Maschinen kann man zweierlei Steuerungsarten unterscheiden: Entweder fehlen bewegte Steuerungsteile gänzlich, und der Kolben steuert sich selber dadurch um, daß er je nach seiner Stellung im Zylinder Luftkanäle öffnet oder schließt, oder die Steuerungsteile werden durch die Preßluft bewegt.

55. — **Maschinen ohne bewegte Steuerungsteile.** Derartige Maschinen zeichnen sich durch besondere Einfachheit und geringe Ausbesserungsbedürftigkeit aus. Als Beispiel mag die Triumph-Bohrmaschine der Ruhrthaler Maschinenfabrik zu Mülheim a. d. Ruhr genannt sein (Fig. 160).

Die Luft strömt in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung in die Maschine ein und strömt bei der in der oberen Figur gezeichneten Stellung des Kolbens durch den Ringraum *a*, die Schlitze *b*, den Ringraum *c* und 4 Kanäle *e* vor den Kolben, um diesen infolge des geringen freien Querschnitts mit verhältnismäßig kleiner Kraft nach rechts zu treiben. Hat die linke Fläche des Kolbens die Reihe der Luftaustritts-

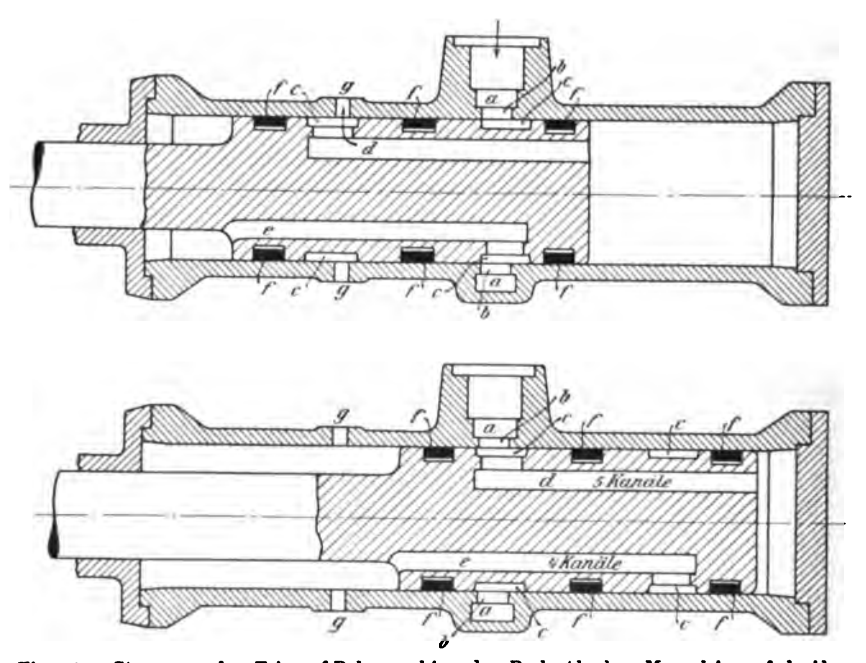


Fig. 160. Steuerung der Triumpf-Bohrmaschine der Ruhrthaler Maschinenfabrik.

löcher *g* erreicht, so pufft die Luft vor dem Kolben aus. Zugleich ist der mit den 5 Kolbenkanälen *d* in Verbindung stehende zweite Ringraum *c* vor die Zuführungsschlitze *b* getreten, der Kolben hat die in der unteren Figur gezeichnete Stellung erreicht, und nun gelangt die Preßluft von *a* durch *c* und *d* hinter den Kolben und schleudert ihn mit dem vollen, der Kolbenfläche entsprechenden Drucke vorwärts, bis der Bohrer auf das Gestein aufschlägt und seine in der oberen Figur gezeichnete Anfangslage wieder einnimmt. Die Abmessungen der einzelnen Teile sind so gewählt, daß die Luft nur auf etwa $^1/_3$ des Kolbenvorschubes mit vollem Drucke wirkt und dann expandiert.

Hervorzuheben an der Bauart ist noch, daß sie die Anbringung von Abdichtungsfedern *ff* auf dem Kolben nicht verhindert, so daß ein dichter Anschluß des Kolbens an die Zylinderwandung gewährleistet wird.

Maschinen ähnlicher Art sind diejenigen von Darlington, Neill usw.

56. — Steuerungen mit bewegten Teilen. Von den Steuerungen mit durch Preßluft bewegten Teilen mag zunächst die Kugelsteuerung, welche die Firma Flottmann & Co. zu Bochum bei ihren Maschinen anwendet, genannt sein.

Die Preßluft strömt durch k ein (Fig. 161) und kann durch die Kanäle l und l_1 abwechselnd nach dem einen oder anderen Ende des Zylinders a gelangen. Der Austritt der Abluft ins Freie erfolgt durch die in der Zylinderwand vorgesehenen Öffnungen m und m_1. Die Umsteuerung wird durch die Stahlkugel c geregelt, die beiderseits einen Ringsitz hat und je nach der Stellung entweder die Öffnung des Kanals l oder l_1 verschließt. Nach der Fig. 161 tritt Preßluft durch l vor den Arbeitskolben und hat diesen nach rechts getrieben. Der Hub ist nahezu beendet, die Öffnungen m_1 und m sind bereits frei gelegt, so daß vor dem Kolben Luft ausströmt und Druckentlastung eintritt. Hinter dem Kolben erfolgt aber Kompression der im Zylinder befindlichen Luft, so daß die Kugel c im selben Augenblicke nach links herübergeschleudert wird, den Kanal l verschließt und l_1 für den Eintritt der Frischluft öffnet. Da nach der Umsteuerung im vorderen Teile des Arbeitszylinders und im Kanal l ein geringerer Luftdruck als hinter dem Arbeitskolben und im Kanal l_1 herrscht, wird die Steuerkugel fest auf ihrem Sitze gehalten. Ist der Arbeitskolben auf seinem Wege wieder soweit vorgeschritten, daß er die Ausströmung m frei gibt und m_1 schließt, so wird jetzt die vor dem Arbeitskolben verbliebene Luft zusammengepreßt, während die hinter dem Kolben befindliche Preßluft frei entweichen kann. Infolge des Überdrucks der Luft vor dem Kolben und im Kanal l wird die Steuerkugel wieder auf den rechten Sitz herübergeschleudert.

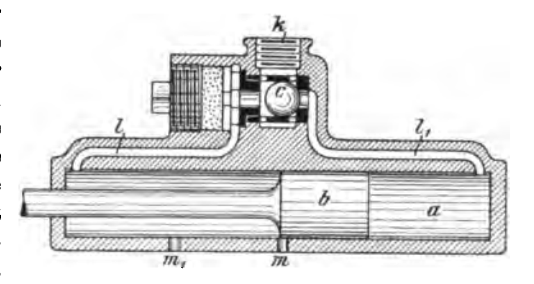


Fig. 161. Flottmannsche Kugelsteuerung.

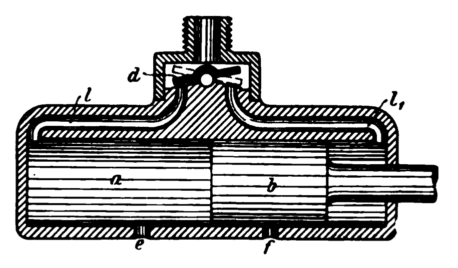


Fig. 162. Klappensteuerung der Westfalia.

Ähnlich einfach ist die Klappensteuerung der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen. Nach dem Gesagten ist die Steuerung an der Hand der Fig. 162 ohne weiteres verständlich.

Diese einfachen Steuerungen ermöglichen eine hohe Schlagzahl, da der Steuerungsteil sich sehr leicht bewegt und bei jeder Bewegung immer nur einen kurzen Weg zurückzulegen hat. Allerdings sind Einfachheit

und hohe Schlagzahl mit einem hohen Luftverbrauche erkauft, weil bei gewissen Stellungen des Kolbens die Preßluft ungenutzt unmittelbar ins Freie entweichen kann.

57. — **Kolbensteuerungen.** Die Steuerkolben sind entweder durch Aufsetzen von Bunden so eingerichtet, daß sie selbst die Luftverteilung übernehmen, oder sie bewegen Muschelschieber, die in der von Dampfmaschinen her bekannten Weise den Luftein- und Luftaustritt regeln.

Als Beispiel sei die von der Maschinenfabrik Rud. Meyer zu Mülheim (Ruhr) an ihren Maschinen angewandte Steuerung[1]) an der Hand der schematischen Fig. 163 erläutert.

Die bei a in den Schieberkasten eintretende Druckluft strömt (s. obere Figur) durch den Kanal b zum vorderen Zylinderende des Arbeitszylinders A. Der Arbeitskolben B bewegt sich infolgedessen nach rechts und befördert die auf der hinteren Kolbenseite befindliche Druckluft durch die Kanäle c und e_1 ins Freie.

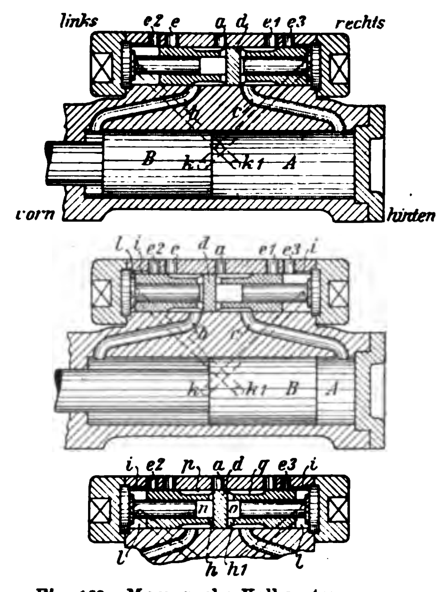


Fig. 163. Meyersche Kolbensteuerung.

Hat bei diesem Rückgange der Kolben die in der mittleren Figur dargestellte Stellung erreicht, so öffnet er einen Kanal k, der das Innere des Zylinders mit dem hinteren Ende des Kolbenschiebergehäuses verbindet. Die Druckluft tritt durch den Kanal k hinter die hintere Fläche des Kolbenschiebers d und steuert denselben um, während die verbrauchte Druckluft von der Gegenseite des Kolbenschiebers durch den Abzugskanal e_2 entweicht.

Der Kanal b ist nunmehr mit dem Auspuff e, der Kanal c mit dem Eintritt a in Verbindung gesetzt. Die Druckluft strömt durch den Kanal c hinter den Kolben B und treibt denselben vorwärts, während die verbrauchte Luft von der Vorderseite des Kolbens durch die Kanäle b und e entweicht. Hat der Arbeitskolben B bei seinem Vorwärtsgange den Kanal k_1, der das Zylinderinnere mit dem vorderen Ende des Kolbenschiebergehäuses verbindet, wieder frei gemacht, so beginnt das Spiel von neuem.

Im Kolbenschiebergehäuse sind kleine Kanäle i (untere Figur) angeordnet, die eine Pressung der Luft im Raume l vermeiden sollen, die dadurch entsteht, daß die Auspuffkanäle $e_2\,e_3$ durch den Kolbenschieber d

[1]) D. R.-P. 134372.

abwechselnd geschlossen werden. Die Kanäle *i* gestatten nämlich der eingeschlossenen Luft durch die Kanäle $e_2 e_3$ einen allmählichen Austritt ins Freie. Der nunmehr auf der Gegenseite des Kolbenschiebers *d* lastende Überdruck bewirkt ein sicheres Umsteuern des Schiebers.

Um den Kolbenschieber *d* gegen die während des Betriebes auftretenden Erschütterungen und Stöße unempfindlich zu machen und um seine Lage selbst bei vertikalen Arbeitsstellungen der Maschine zu sichern, sind an dem Kolbenschieber Hohlräume *n o* angeordnet (untere Figur). Diese stehen durch Kanäle $h h_1$ mit den Hohlräumen *p q* in Verbindung, so daß einerseits die Druckluft durch *a p h* nach *n*, anderseits durch $a q h_1$ nach *o* strömen kann. Durch den dadurch in den Hohlräumen *o* und *n* entstehenden Druck wird der Kolbenschieber *d* in seiner Endlage sicher festgehalten.

Bei allen Kolbensteuerungen muß der Arbeitskolben die Steuerkanäle öffnen oder schließen, ehe er noch seinen Weg ganz vollendet hat. Damit er nun trotzdem seinen Weg vollenden und den vollen starken Schlag ausüben kann, sind die Steuerkanäle so eng gewählt, daß der Steuerkolben dem Arbeitskolben etwas nacheilt.

Im allgemeinen kann man sagen, daß gegenüber den anderen Steuerungsarten sich die Kolbensteuerungen hinsichtlich der Kraft des Schlages und Sparsamkeit im Luftverbrauche am besten bewährt haben. Die Schlagzahl ist allerdings wesentlich geringer.

58. — Umsetzvorrichtung. Damit das Loch rund wird und keine sog. Füchse entstehen, muß der Bohrer während der Bohrarbeit regelmäßig umgesetzt werden. Es erfolgt dies bei allen Maschinen selbsttätig und nach etwa demselben Grundgedanken, wie er in der Fig. 164 zum Ausdruck kommt.

Im hinteren Teile des Arbeitszylinders ist an der Endplatte *p* ein Sperrad *a* mit Sperrklinken *b* in solcher Anordnung angebracht, daß das Sperrad sich wohl nach einer Richtung hin frei drehen kann,

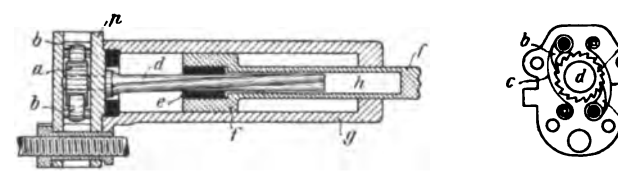


Fig. 164. Umsetzvorrichtung.

nach der anderen Richtung aber an jeder Drehung verhindert wird. Die Federn *c* drücken ständig auf die Sperrklinken und halten diese mit dem Rade in Eingriff. Das Sperrad trägt eine Drallspindel *d* mit steilgängigem Gewinde, die in der Richtung der Seelenachse in den Zylinder hineinragt und an der Drehbewegung des Sperrades teil nimmt. Auf das steilgängige Gewinde der Drallspindel greift das entsprechende Gewinde einer Schraubenmutter *e*, die im Innern des Arbeitskolbens untergebracht und mit diesem fest verbunden ist. Eine Bohrung im Arbeitskolben und in der Kolbenstange gestattet, dass sich die Drallspindel gänzlich in den Kolben hineinschieben kann.

Während der Rückwärtsbewegung des Kolbens verhindert das Gesperre die Drehung des Sperrades und der Drallspindel. Es müssen sich also Mutter, Kolben und der auf der Kolbenstange sitzende Bohrer drehen. Anders ist es, wenn der Bohrer die Vorwärtsbewegung macht. In diesem Falle wird die Drallspindel an dem Bestreben, sich zu drehen, durch das Gesperre nicht gehindert. Der Arbeitskolben fliegt mit dem Bohrer ohne Drehung gerade aus, während Drallspindel und Sperrad, durch die Mutter gezwungen, eine entsprechende Drehbewegung machen. Dieses Spiel wiederholt sich fortwährend, so daß der Bohrer beim jedesmaligen Rückgange sich dreht und beim Vorstoße mit einer anderen Meißellage das Gestein trifft. Die Kraft des Schlages wird, weil der Kolben während der Vorwärtsbewegung frei geradeaus fliegen kann, nicht geschwächt.

59. — **Besonderheiten an Umsetzvorrichtungen.** Bei manchen Maschinen (z. B. der Bohrmaschine Triumph) findet sich eine Umkehrung der Bauart insofern, als die Drallspindel im Kolben fest eingeschraubt ist und sich daher mit diesem hin und her bewegt. Die Mutter ist alsdann drehbar im hinteren Zylinderende untergebracht und trägt das Sperrad. Auf den hinteren Zylinderdeckel ist ein an seinem Ende geschlossenes Rohr aufgeschraubt, das der Drallspindel auch bei ihrer äußersten Stellung Raum gewährt. In der Wirkung bestehen bezüglich des Umsetzens keinerlei Verschiedenheiten.

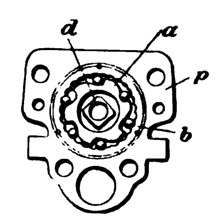


Fig. 165. Sperrad mit Kugelgesperre.

Statt der Sperrklinken sind bei manchen Maschinen Rollen- oder Kugelgesperre benutzt, z. B. bei der Maschine von Hoffmann in Eiserfeld (Fig. 165).

60. — **Vorschubvorrichtung.** Bei den ältesten Maschinen hatte man versucht, auch den Vorschub sich selbsttätig regeln zu lassen. Es geschah dies meist in der Weise, daß der Kolben bei genügendem Ausschlag nach vorn auf die Vorschubmutter wirkte und diese mittels eines Hebels etwas herumdrehte, so daß sich die Maschine von selbst vorschraubte. Solche Maschinen sind z. B. die Sachssche und die alte Jägersche Maschine. Die selbsttätigen Vorschubvorrichtungen haben sich aber auf die Dauer schon deshalb nicht bewährt, weil der Verschleiß der ruckweise bewegten Teile zu groß und Brüche und Betriebsstörungen die Folge waren. Bei allen neueren Maschinen hat man deshalb den selbsttätigen Vorschub aufgegeben. Man konnte dies um so eher tun, als die Regelung des Vorschubes eine einfache, leicht zu erlernende Tätigkeit ist, die von dem zur Überwachung der Maschine in jedem Falle erforderlichen Arbeiter ohne weiteres mit übernommen werden kann.

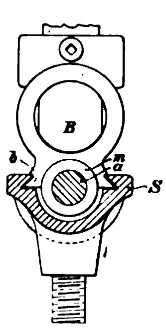


Fig. 166. Vorschubschlitten.

Der jetzt bei allen Maschinen in gleicher Weise angewandte Vorschub erfolgt durch Drehung einer Kurbel (s. Figuren 166 und 167). Der Arbeitszylinder B ist verschiebbar in einem Schlitten S untergebracht

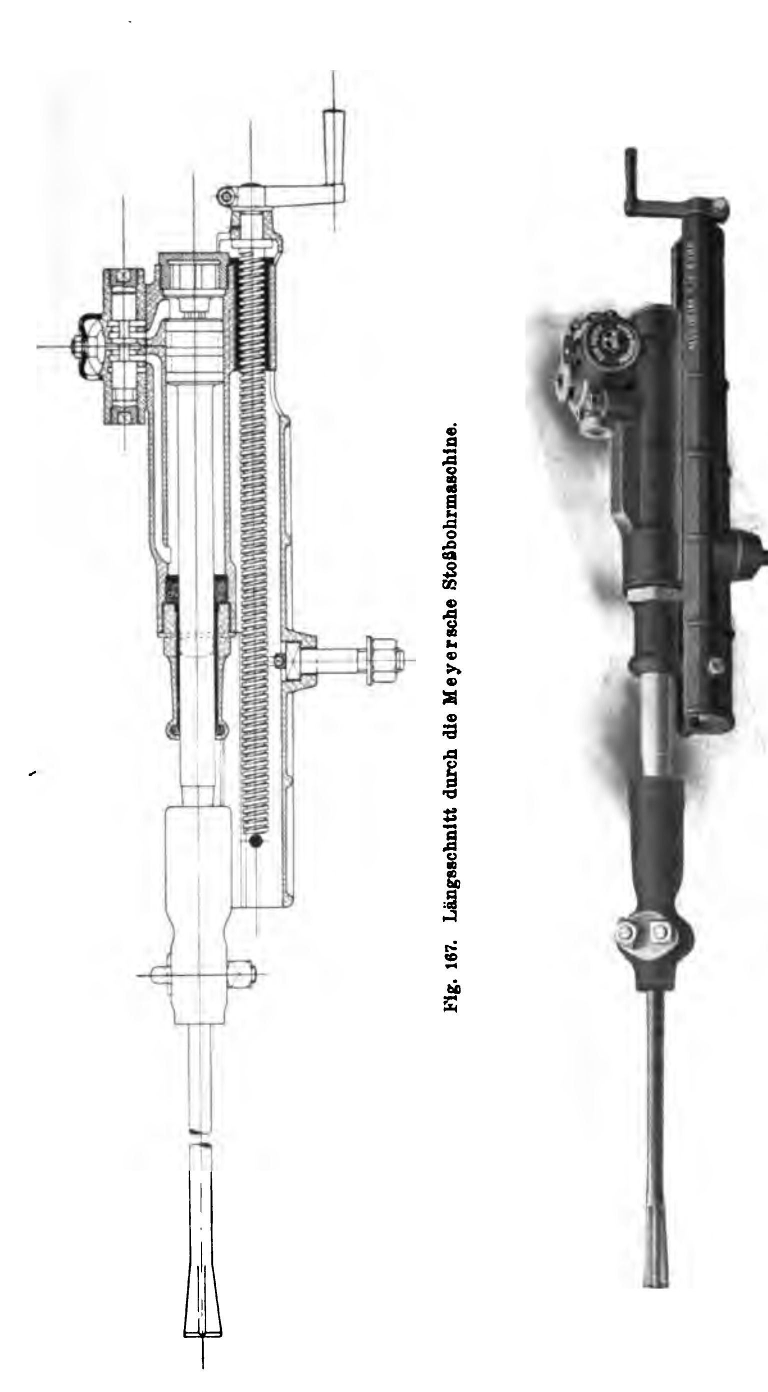


Fig. 167. Längsschnitt durch die Meyersche Stoßbohrmaschine.

Fig. 168. Ansicht der Meyerschen Stoßbohrmaschine.

und wird in Nuten *b* geführt (Fig. 166). Der Schlitten trägt eine der Länge nach in ihm verlagerte Schraubenspindel, die durch die Vorschubkurbel in Umdrehung versetzt werden kann (Fig. 167). Auf das Gewinde der Spindel greift dasjenige einer an dem Arbeitszylinder fest angebrachten Mutter. Wenn also die Spindel mittels der Kurbel in Umdrehung versetzt wird, so verschiebt sich die Vorschubmutter mitsamt dem Arbeitszylinder in dem Schlitten. Man läßt so die arbeitenden Maschinenteile dem Vordringen des Bohrers folgen.

Da die Führungsnut im Schlitten bei den fortwährenden Stößen der Maschine und unter der Wirkung des unvermeidlichen Staubes stark verschleißt, pflegt man sie jetzt nachstellbar einzurichten.

61. — **Einzelbesprechung. Maschine von Meyer.** Im folgenden mögen noch einige der bekannteren Bohrmaschinen unter kurzer Hervorhebung ihrer Besonderheiten genannt sein:

Bohrmaschine von Rud. Meyer zu Mülheim (Ruhr). Die Steuerung ist bereits auf S. 138 erläutert. Die Fig. 167 zeigt einen Längsschnitt durch die Maschine und Fig. 168 die Ansicht. Die Luftzuführung erfolgt seitlich des Steuergehäuses. Dessen Lage am hinteren Zylinderende gestattet der Preßluft einen unmittelbaren Zutritt zur Kolbenfläche durch einen sehr kurzen Kanal, so daß der Schlag des Kolbens plötzlich und mit voller Gewalt erfolgen kann. Oben in der Figur ist der Schalldämpfer sichtbar, der als Haube drehbar angeordnet ist, so daß man der ausströmenden, verbrauchten Druckluft jede beliebige Richtung geben kann.

62. — **Maschine der Duisburger Maschinenfabrik.** Die Bohrmaschine der Duisburger Maschinenbau-A.-G. vorm. Bechem & Keetmann zu Duisburg ist im allgemeinen ähnlich wie die Meyersche Maschine gebaut. Eine Eigentümlichkeit ist die Hubbegrenzung des Arbeitskolbens nach vorn (Fig. 169). Ist man mit dem Vorschube der Maschine nicht entsprechend der Vertiefung des Bohrloches gefolgt, so schlägt der Kolben soweit nach vorn, daß hinter ihm der Kanal *a* bloß gelegt wird. Die Preßluft tritt nun hinter und (über die Nut *b*) auch vor den Kolben und hält diesen fest. Die Maschine kommt also außer Tätigkeit. Sobald sie aber mit der Vorschubkurbel etwas voran geschoben wird, so daß der Kolben den Kanal *a* wieder verdeckt, arbeitet sie von selbst weiter. Die Maschinen werden in 4 Größen mit 60, 75, 90 und 100 cm Zylinderdurchmesser gebaut und wiegen 48—115 kg.

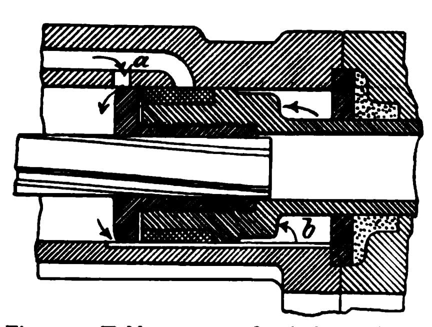


Fig. 169. Hubbegrenzung der Bohrmaschine von Bechem & Keetmann.

63. — **Bohrmaschine von Frölich und Klüpfel zu Unterbarmen.** Bei dieser Maschine, die ebenfalls Kolbensteuerung besitzt, ist die Eintrittsöffnung der Druckluft auf der vorderen Zylinderseite stark in die Länge gezogen, was zur Folge hat, daß der Hub in weiten Grenzen veränderlich ist, so daß er den jeweiligen Verhältnissen entsprechend ein-

gestellt werden kann. Der Hub bei den Maschinen von 75 und 85 mm Kolbendurchmesser ist in den Grenzen von 150—220 mm veränderlich. Die Maschine kann also eine Lochtiefe von 70 mm ohne irgendwelche Bedienung bohren, so daß die Maschine bei kleinen Behinderungen des bedienenden Arbeiters nicht sofort zum Stillstand kommt.

64. — Sonstige Maschinen. Die Maschinen von Flottmann zu Bochum, der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen und von Hoffmann in Eiserfeld sind bereits unter Ziffer 56 und 59 erwähnt. Außerdem liefern Stoßbohrmaschinen Korfmann in Witten und die Ruhrthaler Maschinenfabrik zu Mülheim (Ruhr).

65. — Wasserspülung bei Stoßbohrmaschinen. Um das Bohrloch vom Bohrmehl zu befreien und um den Bohrmeißel zu kühlen, sucht man, soweit irgend möglich, Wasser in das Bohrlochstiefste zu bringen. Bei abwärts gerichteten Löchern geschieht dies leicht durch Schöpfen aus einem Eimer. Bei aufwärts gerichteten Löchern ist Wasser nicht erforderlich, weil das Bohrmehl von selbst herausfällt. Am schwierigsten gestalten sich die Verhältnisse bei annähernd horizontalen oder schwach ansteigenden Löchern. Hier sucht man sich durch einen unter starkem

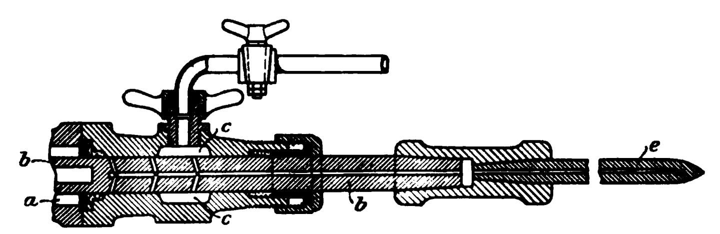


Fig. 170. Wasserspüleinrichtung an Stoßbohrmaschinen.

Druck eingespritzten Wasserstrahl zu helfen. Berieselungsleitungen werden gern in dieser Beziehung ausgenutzt. Wo derartige Leitungen nicht vorhanden sind, gebraucht man wohl eine besondere Pumpe, oder man füllt das Wasser in einen allseitig geschlossenen Behälter, aus dem es durch den Druck der hineingeleiteten Preßluft herausgedrückt werden kann. Das Mundstück des Strahlrohres wird dicht neben der hin und her gehenden Bohrstange auf das Bohrloch gerichtet, damit der Strahl möglichst tief in das Loch hineinspritzt. Immerhin kann bei tiefen Löchern die Beseitigung des Bohrmehls unvollkommen bleiben.

Man hat deshalb mehrfach versucht, Hohlbohrer anzuwenden, um mittels derselben das Spülwasser bis in das Bohrlochstiefste zu führen. Derartige Maschinen baut z. B. die Firma Bechem & Keetmann zu Duisburg und die Ruhrthaler Maschinenfabrik zu Mühlheim (Ruhr). Vor dem Arbeitszylinder *a* ist eine die Kolbenstange *b* umgebende, beiderseits durch Stopfbüchsen abgedichtete Wasserkammer *c* gebildet, aus der das Wasser Gelegenheit findet, in die durchbohrte Kolbenstange einzutreten. Von hier aus erfolgt der Übertritt des Wassers in die hohle Bohrstange *e*. Die Hauptvorteile solcher Maschinen zeigen sich bei Löchern, aus denen sonst das Bohrmehl nur schwer herauszubringen ist. Insbesondere sind in feuchtem Gebirge, wenn das Bohrmehl für gewöhnlich teigig und

schmierig wird, erheblich höhere Bohrleistungen — bis zu 30 % — erzielbar. Allerdings leidet die Haltbarkeit des Bohrstahls infolge der Durchbohrung, und die Bauart der Maschine verliert an ihrer Einfachheit.

66. — Kraftbedarf der Preßluft-Stoßbohrmaschinen. Der Kraftbedarf einer Preßluftbohrmaschine, ausgedrückt in der Kompressorleistung, ist verhältnismäßig hoch und beträgt nach der Schätzung der Bohrmaschinenfabriken 5—11 PS. In Wirklichkeit ist er wohl noch bedeutend höher. Die Preßluftleitungen sind deshalb während der eigentlichen Arbeitsschicht häufig überlastet, so daß die Maschinen mit ungenügendem Drucke arbeiten müssen. An und für sich ist die Preßluft ein teures und wegen der Leitungen umständliches Kraftübertragungsmittel. Dieser Übelstand hat zu den Bestrebungen geführt, an Stelle der Preßluft die bequemere und billigere Kraftübertragung durch Elektrizität auch für Bohrmaschinen zu verwenden.

Elektrische Stoßbohrmaschinen.

67. — Einteilung. Es gibt zwei Arten elektrischer Stoßbohrmaschinen, nämlich:

a) die Solenoidbohrmaschine,
b) die Kurbelstoßbohrmaschine.

68. — Solenoidbohrmaschinen von van Depoele. Die Einrichtung der ältesten, bereits im Jahre 1879 von Siemens angegebenen Solenoidbohrmaschine ist aus der nebenstehenden schematischen Fig. 171 ersichtlich. Die eiserne Bohrstange, die vorn den Bohrer trägt, ist als Solenoid von 3 Drahtspiralen umgeben und kann in diesen eine hin und her gehende Bewegung machen. Die mittlere Spirale ist von Gleichstrom durchflossen, der die Bohrstange dauernd magnetisch macht. Die beiden äußeren Spiralen sind miteinander verbunden und bilden einen Teil eines Wechselstromkreises.

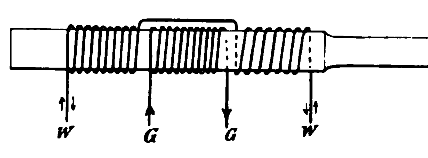


Fig. 171. Schema der Solenoidbohrmaschine von van Depoele.

Ein Magnet hat nun die Eigenschaft, von Drahtspulen, durch die Strom fließt, je nach der Richtung des Stromes angezogen oder abgestoßen zu werden. Die schmiedeeiserne Bohrstange wird deshalb in den von Wechselstrom durchflossenen Spulen entsprechend der Zahl der Stromwechsel hin und her geschleudert, eine Bewegung, die unmittelbar zum Bohren ausgenutzt wird. Infolge der ständigen Ummagnetisierung tritt eine Erhitzung der Bohrstange ein.

In der praktischen Ausführung erhält die Bohrstange innerhalb der Drahtspulen eine geeignete Führung und wird mit einer Umsetzvorrichtung versehen. Der Vorschub wird in der bekannten Weise eingerichtet. Die ganze Maschine ist von einem Schutzmantel aus Eisenblech umgeben. Die Siemenssche Maschine wurde von van Depoele ausgeführt und von der amerikanischen Firma Thomson-Houston vertrieben. Der Hub betrug 138 mm, die Anzahl der Schläge in der Minute 325. Das Gewicht der Maschine war 113 kg. Die Maschine

erhitzte sich zwar stark, arbeitete sonst aber gut und war wenig ausbesserungsbedürftig.

Man gebrauchte für die Maschine jedoch 2 Dynamos, eine für Gleichstrom und eine für Wechselstrom, und 4 Leitungen von den Dynamos zur Verwendungsstelle der Bohrmaschinen. Es war also eine umständliche und teure Einrichtung notwendig.

69. — Solenoidbohrmaschine von Marvin. Einfacher gestaltet sich in dieser Beziehung die Solenoidbohrmaschine von Marvin, die von der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin gebaut wird und eine große Verbreitung auf

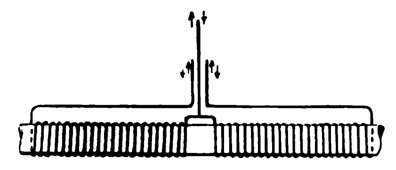


Fig. 172. Schema der Solenoidbohrmaschine von Marvin.

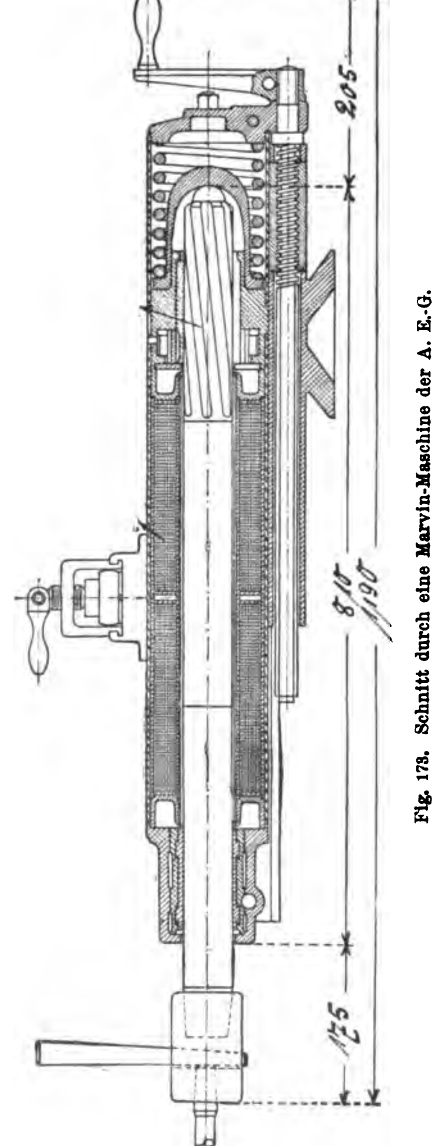


Fig. 173. Schnitt durch eine Marvin-Maschine der A. E.-G.

Erzgruben und in Steinbrüchen in Ungarn, Schweden, Rußland und der Schweiz, insbesondere an Orten, wo billig elektrischer Strom erzeugt werden kann, gefunden hat. Bei der Marvinschen Maschine haben wir nur 2 Spulen und 3 Stromleitungen nach der in Fig. 172 dargestellten Anordnung. Durch die beiden Spulen läßt man abwechselnd in umgekehrter Richtung Gleichstrom fließen, wodurch der Eisenkern in eine hin und her gehende Bewegung versetzt wird. Die Maschine ist in einem eisernen Rohre untergebracht. Nach vorn ist der Hub lediglich durch das Aufschlagen des Meißels gegen das Gestein begrenzt. Der Rückschlag wird von einer Spiralfeder aufgefangen und teilweise für den Vorwärtsschlag wieder nutzbar gemacht. Umsetz- und Vorschubvorrichtung sind wie bei den Preßluftbohrmaschinen üblich ausgeführt. Fig. 173 zeigt einen Schnitt durch die Maschine.

Die Maschine ist durch gute Leistungen bei geringem Kraftbedarf (4—5 PS.) und durch sehr geringe Ausbesserungsbedürftigkeit ausgezeichnet.

Nachteilig ist demgegenüber, daß die Maschine wegen der Eigenart des zur Verwendung gelangenden Stromes — es ist dies ein wellenförmig auf- und abschwellender Gleichstrom — einer besonderen Stromerzeugungsanlage bedarf und daß der Strom nicht ohne weiteres zu anderen Zwecken verwandt werden kann. Die geringe, nicht über 220 Volt betragende Spannung des Stromes bedingt große Leitungsquerschnitte, so daß wegen der hohen Kosten des Leitungsnetzes eine vom Bohrmaschinenbetriebe nicht allzu entfernte Aufstellung der Dynamo erforderlich ist.

Wegen der starken Erhitzung bei der Arbeit muß man eine Abkühlungsreserve zur Hand haben, um nach $^1/_2$—$^3/_4$stündigem Betriebe die Maschine auswechseln zu können.

Immerhin hat sich die Marvinsche Solenoidbohrmaschine an Orten mit billigen Wasserkräften bei einem örtlich nicht sehr ausgedehnten Leitungsnetze gut bewährt und ist jedenfalls der van Depoeleschen Maschine bedeutend überlegen.

70. — **Kurbelstoßbohrmaschine.** Bei der Kurbelstoßbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke ist der den Solenoidmaschinen zugrunde liegende Gedanke gänzlich fallen gelassen. Statt dessen wird ein drehend arbeitender Elektromotor, der bekanntlich einen hohen Wirkungsgrad besitzt, zum Antriebe der Stoßbohrmaschine benutzt. Die Bauart der Maschine geht aus der Fig. 174 hervor.

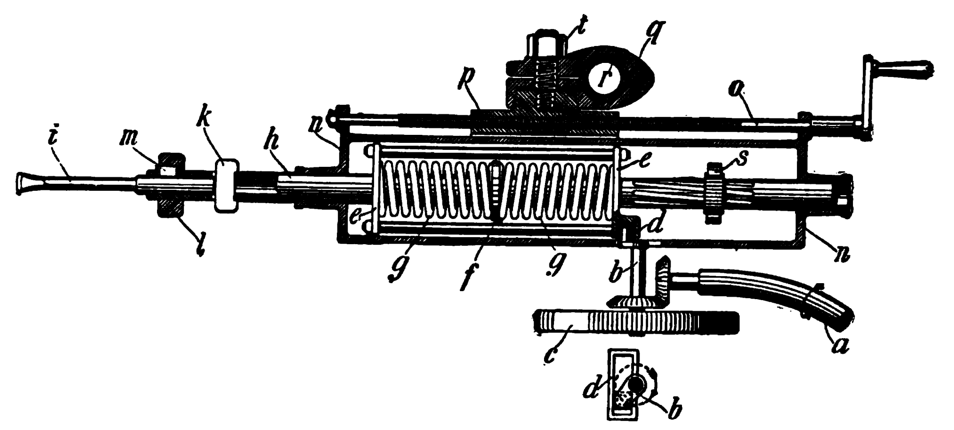


Fig. 174. Kurbelstoßbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke im Schnitt.

Der tragbar eingerichtete und für sich besonders in der Strecke aufgestellte Elektromotor wird mit der eigentlichen Bohrmaschine durch eine biegsame Welle *a* verbunden, die ein Kegelzahnrad in Umdrehung versetzt. Dieses wieder treibt ein zweites, auf Welle *b* sitzendes Zahnrad an. Auf dem Ende der Welle *b* ist die Kurbel *d* angebracht, die die Stoßvorrichtung betätigt. Die Kurbel *d* greift nämlich in eine Kurbelschleife ein und schleudert das rahmenartige, in der Längsrichtung

geführte Gestell *e* hin und her. Innerhalb der Endplatten *e* des Rahmengestells sind nun gegeneinander 2 sehr starke Schraubenfedern *gg* eingespannt, zwischen denen der flanschenartig vorspringende Rand *f* einer Büchse, des sog. Stoßkolbens, sitzt. Dieser geht durch die beiden ihn umfassenden Federn und durch die Öffnungen in den Endplatten des Rahmengestells frei hindurch. Wird das Rahmengestell langsam hin und her bewegt, so macht der durch die Federn gefaßte Stoßkolben diese Bewegungen genau so mit, als wäre er starr mit dem Rahmengestell verbunden. Erfolgt dagegen, wie in Wirklichkeit, die hin und her gehende Bewegung des Schlittens ungefähr 7mal in der Sekunde, also mit großer Geschwindigkeit, so schlägt der Stoßkolben infolge der Wirkung seiner Masse nach vorn und hinten durch, wobei sich die beiden Schraubenfedern abwechselnd zusammenpressen. Der Hub des Stoßkolbens wird infolge dieses elastischen Durchschlagens beim Leerlauf der Maschine ungefähr doppelt so groß als der Hub des Rahmengestells, der nur 4 cm beträgt. Jetzt ist der Stoßkolben mit dem auf ihm befestigten Bohrer *i* zufolge der vollkommen elastischen Verbindung mit dem Rahmengestell nicht allein ohne weiteres in der Lage, starke Schläge gegen das Gestein zu erteilen, sondern der Bohrer kann auch an jeder beliebigen Stelle festgehalten werden, ohne daß dadurch die Bewegung des Rahmengestells und des gesamten Antriebes behindert wird. Klemmt sich der Bohrer im Loche fest, so werden lediglich die Federn nach der einen und anderen Seite hin in rascher Aufeinanderfolge zusammengedrückt und wieder entspannt, ohne daß die Maschine Schaden durch Brüche zu erleiden braucht.

An der Maschine ist, wie die Figur zeigt, die übliche Umsetzvorrichtung *s* und Vorschubvorrichtung *op* vorhanden. Mittels der Schelle *q* wird die Maschine an der Spannsäule *r* befestigt.

Es ist klar, daß der Motor an solcher Maschine außerordentlich verschieden beansprucht wird. Infolge des Hin- und Herschleuderns der Bohrstange entstehen Stöße und Schläge, denen weder die biegsame Welle, noch der Drehmotor ohne weiteres gewachsen sein würden. Es müssen vielmehr an der Bohrmaschine Schwungmassen angebracht werden. Das ist durch das als Vollscheibe ausgebildete Schwungrad *c* geschehen, welches sich auf der Welle *b* befindet. Dieses Schwungrad dient als Kraftausgleich, so daß der Motor nur eine gleichmäßige, vollkommen stoßfreie Arbeit auf die Bohrmaschine zu übertragen braucht.

Eine Besonderheit an der Maschine ist, daß das Auswechseln und Einziehen der Bohrer von hinten durch den hohlen Stoßkolben erfolgen kann, wodurch Zeit erspart und für die Aufstellung der Maschine ein größerer Spielraum erhalten wird.

Fig. 175 zeigt die Maschine mit Antriebsmotor und Leitungstrommel in der Ansicht.

Die Kurbelstoßbohrmaschine hat einen nur geringen Kraftverbrauch, der $1^1/_2$—2 PS. nicht übersteigt. Dem stehen allerdings gewichtige Nachteile gegenüber. Vor allen Dingen leidet die Maschine nicht unbeträchtlich unter Verschleiß und unter Brüchen und Betriebsstörungen. Sie ist in dieser Beziehung den gewöhnlichen Preßluft-Stoßbohrmaschinen nicht gewachsen, so daß sie mit diesen auf Gruben mit Preßluftleitung

wohl nicht den Wettbewerb aushalten kann. Lästig ist auch der große, aus der Abtrennung des Motors von der Bohrmaschine sich ergebende

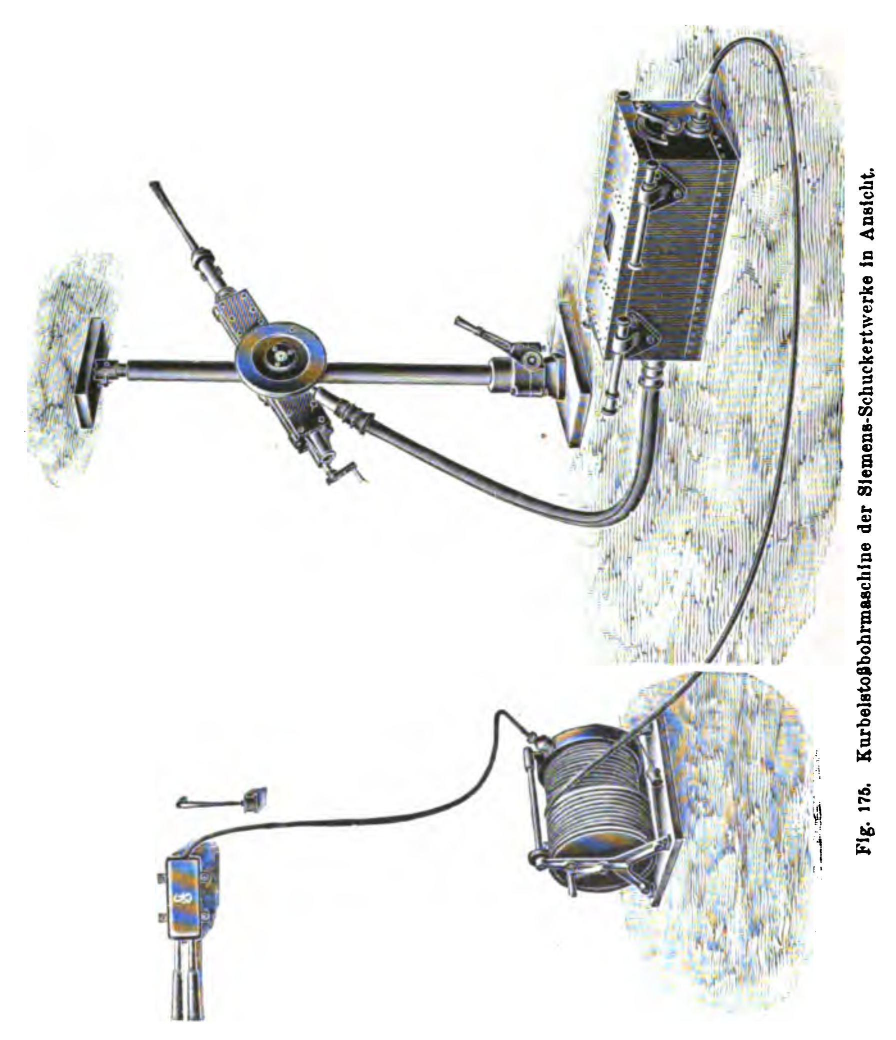


Fig. 175. Kurbelstoßbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke in Ansicht.

Raumbedarf und das bedeutende Gewicht der ganzen Einrichtung, das vor und nach jedem Schießen bewegt werden muß.

Druckluft-Stoßbohrmaschinenbetrieb mit elektrisch angetriebenem, fahrbarem Kompressor (Gemischtes System).

71. — Betriebsweise. Die zweifellos erheblichen Vorteile, welche die elektrische Kraftübertragung an und für sich bietet, und die Vorzüge, welche die Preßluftbohrmaschinen infolge ihrer Einfachheit und Betriebssicherheit besitzen, führten zu dem Bestreben, die beiden Betriebsweisen

zu vereinigen. Die an beliebiger Stelle erzeugte elektrische Kraft wird mittels Kabels bis in die Nähe des Arbeitsortes gebracht. Durch einen Elektromotor wird hier unter Zwischenschaltung einer Zahnradübertragung ein fahrbarer Kompressor betrieben, der die Preßluft für die vor Ort arbeitenden Preßluftbohrmaschinen liefert. Eine verhältnismäßig kurze Rohrleitung führt die Preßluft vom Kompressor bis vor Ort.

Der Kompressor kann entweder dauernd in der Nähe der Betriebspunkte aufgestellt sein, oder er wird in schußsicherer Entfernung vom Arbeitsorte dem Vorrücken des Betriebspunktes entsprechend nachgerückt, so daß man nur eine Rohrleitung von ungefähr 100 m braucht.



Fig. 176. Fahrbarer Kompressor von Meyer-Mülheim, nebst fahrbarem Luftbehälter und Bohrmaschinen.

Um die Unregelmäßigkeiten bei der Entnahme der Preßluft bis zu einem gewissen Grade auszugleichen, liefert der Kompressor die Preßluft zunächst in einen fahrbaren Behälter.

Die Bauart eines 25 pferdigen Kompressors nebst Motors und des Behälters läßt sich leicht, wie die Fig. 176 erkennen läßt, so einrichten, daß nirgendwo das Querprofil eines Förderwagens überschritten wird. Ein 25 pferdiger Kompressor reicht für 4 Bohrmaschinen aus, da sich deren Betriebszeiten nie völlig decken. Mit 4 Bohrmaschinen kann man einen Querschlag in beschleunigtem und 2 Querschläge in gewöhnlichem Betriebe auffahren.

Bei dieser Betriebsweise erhält man durch die elektrische Leitung billige Kraft bis nahe an die Verwendungsstelle. Der hohe Druck der

Preßluft kommt nahezu ohne Spannungsabfall den Bohrmaschinen zugute, so daß diese mit einem Drucke von 5—6 Atmosphären arbeiten und sehr gute Bohrleistungen erzielen können. Die Erwärmung der Luft beim Pressen geht nicht vollständig verloren, sondern wird zum Teil in den Bohrmaschinen wieder ausgenutzt. Alle diese Vorteile wiegen den Nachteil der doppelten Kraftübersetzung wohl auf.

Derartige Anlagen sind deshalb für Gruben, die ein elektrisches Leitungsnetz, aber keine allgemeine Druckluftrohrleitung besitzen, durchaus empfehlenswert und haben sich bereits vielfach bewährt.

Bohrmaschinenträger.

72. — **Einteilung.** Als Träger der Stoßbohrmaschinen bei der Bohrarbeit verwendet man Bohrsäulen, Bohrwagen, Dreifüße und Schachtspreizen.

73. — **Bohrsäulen. Allgemeines.** Die Bohrsäule kommt für den Bergbau am häufigsten zur Anwendung. Man nennt sie auch Bohrspreize, Bohrgestell oder Spannsäule. Die Bohrsäulen sind tragbar. Damit zwei Mann die Säule bequem handhaben und befördern können, soll das Gewicht jedenfalls 100 kg nicht übersteigen. In nicht allzu weiten Strecken passen die Bohrsäulen sich den Verhältnissen gut an. Wenn die Strecken mehr als 3 m hoch und breit werden, muß die Säule allerdings eine unhandliche Schwere erhalten, damit sie die nötige Biegungsfestigkeit besitzt.

74. — **Schraubensäule.** Die einfachste Form einer Bohrsäule besteht aus einer Stahlröhre, aus deren einem Ende eine Streckschraube herausgeschraubt wird. Dieses geschieht entweder nach Fig. 177 durch Drehung einer Mutter *c* mittels Schraubenschlüssels oder Bohrknarre *d*, oder aber die Mutter steht fest, und die Schraube selbst ist nach Fig. 178 drehbar eingerichtet. Damit die Mutter bei den fortwährenden Stößen der Maschine sich nicht lockert, ist gewöhnlich noch eine Gegenmutter *e* (Fig. 177) angebracht, die gegen die erste Mutter geschraubt wird und diese in ihrer Lage festklemmt. Bei manchen Säulen

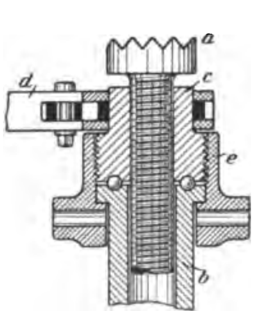


Fig. 177. Kopf einer Bohrsäule mit drehbarer Mutter.

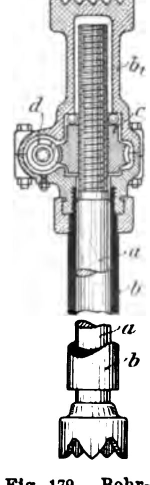


Fig. 178. Bohrsäule mit drehbarer Schraube.

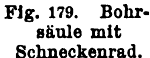


Fig. 179. Bohrsäule mit Schneckenrad.

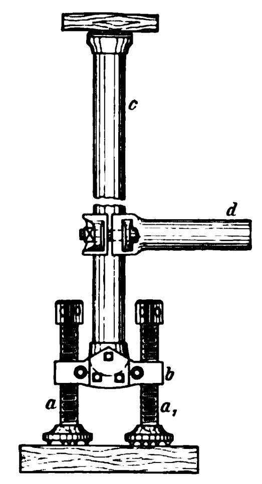


Fig. 180. Doppelschraubensäule mit Bohrarm.

(Fig. 179) ist die Mutter *c* am Umfange als Schneckenrad ausgebildet, das durch Drehung einer Handkurbel *d* mit Schnecke in Umdrehung versetzt wird. Man kann so die Mutter fester anspannen.

Um die beim Bohren auf die Säulen ausgeübte Drehwirkung unschädlich zu machen, werden für schwere Maschinen Doppelschraubensäulen angewandt, bei denen aus einem unteren Querhaupt der Säule 2 Schrauben heraustreten (Fig. 180). Wegen der größeren Widerstandsfähigkeit gegen seitlich wirkende Drehkräfte können solche Säulen mit besonderen Bohrarmen *d* ausgerüstet werden. Die Bohrmaschinen können somit bei einem und demselben Stande der Säule auch seitlich verschoben werden, so daß mit ihnen eine größere Fläche bestrichen werden kann.

75. — **Hydraulische Säule.** Fester als Schraubensäulen lassen sich hydraulische Säulen einspannen (Figuren 181 und 182). Dieselben bestehen aus zwei fernrohrartig ineinander steckenden Röhren, von denen die innere gegen die äußere durch eine Ledermanschette abgedichtet ist. Am Fuße der äußeren Röhre befindet sich ein Kasten *a* mit Preßpumpe, die durch einen Handhebel *b* bedient wird (Fig. 182). Das Pümpchen drückt das Wasser aus dem Kasten in den Röhrenschaft, wodurch die beiden Röhren mit bedeutender Gewalt auseinandergeschoben werden. Wenn man ein Rücklaufröhrchen durch Drehung des Ventils *f* öffnet, fließt das Wasser wieder in den Kasten zurück, und die beiden Röhren lassen sich zusammenschieben.

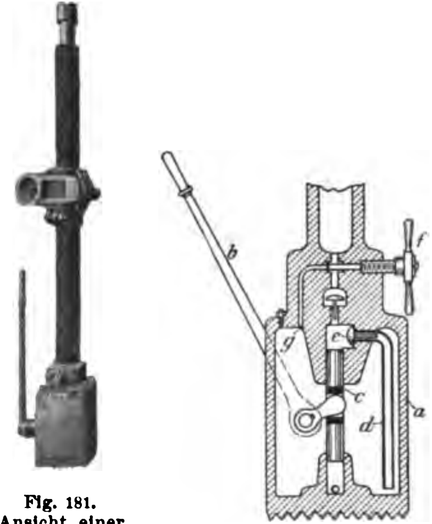


Fig. 181. Ansicht einer hydraulischen Spannsäule.

Fig. 182. Fuß einer hydraulischen Spannsäule im Schnitt.

Wenn solche Säulen auch den Vorzug der festeren Aufstellung besitzen, so haben sie dafür den Nachteil an sich, daß sie schwerer, teurer und ausbesserungsbedürftiger als Schraubensäulen sind, sich bei Undichtigkeiten leicht lockern und daß sie sich nicht in jeder Lage einspannen lassen.

76. — **Bohrwagen.** Nicht für alle Fälle genügen die tragbaren Bohrsäulen. Namentlich wenn es sich um einen beschleunigten Vortrieb von Strecken oder Querschlägen handelt, wobei gewöhnlich 3—4 Bohrmaschinen gleichzeitig gebraucht werden, ist das Heranholen der schweren Bohrmaschinen und Spannsäulen zeitraubend und lästig. Man wendet dann Bohrwagen an, die gleichzeitig die Maschinen und die Bohrsäulen tragen, so daß die ganze Bohreinrichtung zusammen vor Ort geschoben und von dort zurückgezogen werden kann.

Die Fig. 183 zeigt einen Bohrwagen der Duisburger Maschinenfabrik, vorm. Bechem & Keetmann zu Duisburg fertig zur Abfahrt,

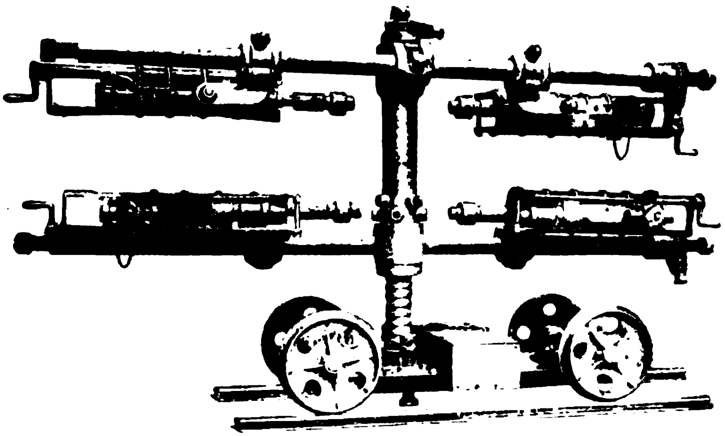


Fig. 183. Bohrwagen der Duisburger Maschinenfabrik, fertig zum Abfahren.

während die Fig. 184 den Wagen vor Ort festgespannt darstellt. Auf einer Mittelsäule können 2 wagerechte Spreizen der Höhe nach ver-

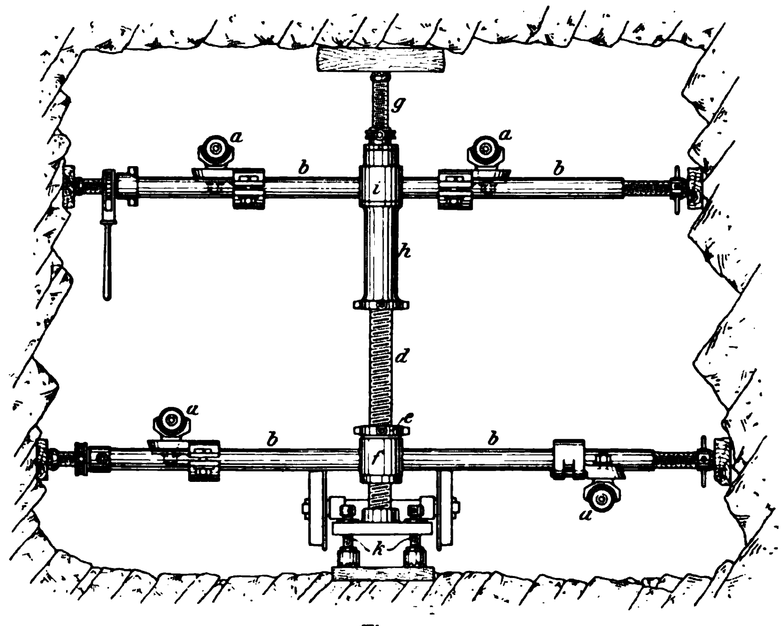


Fig. 184.

schoben und gegen die Streckenstöße festgeschraubt werden. Jede wagerechte Spreize trägt 2 Bohrmaschinen. Beim Festspannen der Mittelsäule werden die Wagenräder etwas angehoben, daß sie frei schweben. Bei der

Fortbewegung des Wagens sind die wagerechten Spreizen nach der Mittelachse des Wagens zu eingeschwenkt.

Auch die Maschinenfabrik Rud. Meyer zu Mülheim baut Bohrwagen, die sich vielerorts bewährt haben.

Voraussetzung für die Anwendung solcher Bohrwagen ist, daß der Umfang der in Angriff genommenen Arbeit die Beschaffung der immerhin teuren Einrichtung lohnt. Auch muß die aufzufahrende Strecke oder der Querschlag annähernd gradlinig verlaufen, da der Bohrwagen zweckmäßig nur einen nach vorn gerichteten Angriff gestattet.

77. — **Dreifüße.** Dreifußgestelle mit beschwerten Füßen (s. Fig. 176) werden für die Befestigung der Bohrmaschinen in Tagebauen, sehr weiten Schächten und Steinbrüchen gebraucht, wo es an einer Gelegenheit zum Festspannen von Bohrsäulen mangelt.

78. — **Schachtspreizen.** Für Schachtabteufen sucht man die schweren und sperrigen Dreifüße durch Schachtbohrspreizen zu ersetzen. Es sind dies besonders kräftige Spreizen, die gegen die Schachtwandung festgespannt werden. Die Schachtbohrspreizen sind gewöhnlich so eingerichtet, daß sie an besonderen Zugketten hängen und mit Kabeln oder Flaschenzügen auf und nieder gelassen werden können. Dadurch wird die Handhabung wesentlich erleichtert und vor allem eine schnelle Entfernung der Spreize mit den daran hängenden Bohrmaschinen vor Abgabe der Schüsse ermöglicht.

Neuerdings wendet man beim Schachtabteufen Stoßbohrmaschinen und Schachtspreizen kaum noch an, da an Stelle der Stoßbohrmaschinen für diesen Zweck fast allgemein Bohrhämmer getreten sind, die mit der Hand gehalten werden.

b) Schlagbohrmaschinen (Bohrhämmer).

79. — **Allgemeines.** Die Schlagbohrmaschinen, gewöhnlich Bohrhämmer genannt, haben in den letzten Jahren beim deutschen Bergbau eine bemerkenswert schnelle Verbreitung gefunden und sind in überraschender Weise in erfolgreichen Wettbewerb mit den Stoßbohrmaschinen getreten.

Der älteste, schon Ende der 1880er Jahre im Mansfeldschen eingeführte Bohrhammer von Franke (D. R.-P. 55331) hat hauptsächlich als Schrämmaschine Verwendung gefunden und soll deshalb in dem die Schrämmaschinen behandelnden Abschnitt besprochen werden. Es folgte erst im Jahre 1905 der Flottmannsche Hammer und sodann eine ganze Anzahl weiterer Maschinen.

Bei den Bohrhämmern wird die Arbeit des Fäustelbohrers nachgeahmt. Der Bohrer mit dem Meißel bleibt ständig in Berührung mit der Bohrlochssohle, während er von dem Kolben eine sehr große Zahl von Schlägen (1200—2500 minutlich) erhält und gleichzeitig durch die Maschine umgesetzt wird. Die leichte Maschine wird dabei von dem Arbeiter selbst gehalten, was bei dem geringen Gewichte (10—15 kg) und dem wenig fühlbaren Rückstoße nicht zu beschwerlich ist.

80. — **Westfalia-Bohrhammer** (Fig. 185). In einem kleinen Zylinder *a* bewegt sich ein Kolben *b* hin und her, dessen vordere Kolbenstange *c* als

Schlagkopf ausgebildet ist. *g* und *h* sind die Einströmungskanäle für die frische Luft. Die Umsteuerung erfolgt durch eine leicht bewegliche Klappe *d* in derselben Weise, wie dies auf S. 137 unter Ziffer 56 beschrieben ist. *e* und *f* sind die Auspufföffnungen.

Die Umsetzvorrichtung entspricht in ihrer allgemeinen Anordnung derjenigen bei den Stoßbohrmaschinen und besitzt wie diese ein Sperrad *i* mit Drallspindel *k*, die durch eine im Kolben verlagerte Mutter hindurchgleitet. Da aber der Kolben nicht starr mit der Bohrstange verbunden ist, kommt es darauf an, die dem Kolben erteilte Drehbewegung auf den

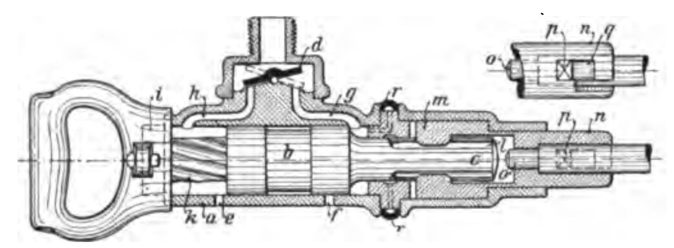


Fig. 185. Bohrhammer der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen.

Bohrer zu übertragen. Dies geschieht durch die Hülse *m*, die mit vorspringenden Nasen in Längsnuten der Kolbenstange *c* eingreift, so daß die Hülse an der Drehung des Kolbens teil nimmt. In den vorderen Kopf der Hülse ist nach Art eines Bajonettverschlusses der Bohrer mit der Nase *p* eingesetzt, so daß auch dieser der Drehung des Kolbens folgen muß.

Während der Bohrarbeit schlägt das vordere Ende der Kolbenstange *c* in ununterbrochener, schneller Aufeinanderfolge auf den Kopf *o* der Bohrstange, die im Schlitze *q* des Bajonettverschlusses nach vorn ausweichen kann. Zur Erzielung einer guten Wirkung muß der Meißel dauernd im Bohrlochstiefsten auf dem Gesteine stehen.

81. — **Beseitigung des Bohrmehls.** Die Beseitigung des Bohrmehls macht bei den Bohrhämmern größere Schwierigkeiten als bei den Stoßbohrmaschinen, weil der Rückzug des Bohrers fehlt und deshalb das Bohrmehl weniger in Bewegung gehalten wird. Bei söhligen und abfallenden Löchern arbeitet man gern mit Luftspülung, indem man Hohlbohrer anwendet, die Abluft zum Teil durch den Bohrer abführt und durch ein an der Bohrerschneide seitlich angebrachtes Loch entweichen läßt. In der Fig. 185 ist der Spülluftkanal punktiert gezeichnet. Er führt aus dem Arbeitszylinder unter den Abstellring *r* und von hier aus durch eine weitere Bohrung zu den Längsnuten der Kolbenstange *c*, von wo aus die Luft zum Hohlbohrer gelangen kann. Der Spülluftkanal kann durch Verstellen des Luftspülungsringes *r* je nach Bedarf geöffnet oder abgestellt werden.

Ganz besonders hat sich hinsichtlich der Beseitigung des Bohrmehls die Verwendung von Schlangenbohrern bewährt. Bei der hohen Schlagzahl macht der Schlangenbohrer unter der Wirkung der Umsetzvorrichtung etwa 100—180 Drehungen minutlich, so daß die Maschine bei der Arbeit den Eindruck einer Drehbohrmaschine macht. Es gelingt so, abwärts

gerichtete Bohrlöcher von 1—1,5 m Teufe ohne Unterbrechung und ohne Auswechselung der Bohrer herzustellen.

82. — Leistungen, Anwendbarkeit, Nachteile der Bohrhämmer. Die Bohrleistungen der Bohrhämmer sind unter Umständen überraschend hoch. 10—20 cm minutlich werden in Sand- und Tonschiefer erreicht. Ja, bei aufwärts gerichteten Bohrlöchern werden Leistungen bis zu 30 und 40 cm erzielt. Auch in härteren Gesteinen sind die Maschinen anwendbar, obwohl hier ihre Leistungen gegenüber denen der Stoßbohrmaschinen zurückbleiben.

Die Bohrhämmer haben sich namentlich da bewährt, wo die Aufstellung und Verwendung von Stoßbohrmaschinen Schwierigkeiten macht, insbesondere beim Schachtabteufen, beim Hochbrechen von blinden Schächten oder steilen Strecken und überhaupt an engen Betriebspunkten. Aber auch in Querschlagsbetrieben werden sie bei nicht allzu hartem Gestein mit bestem Erfolge benutzt.

Als Nachteil der Maschine ist die starke Staubbildung zu erwähnen. Der bedienende Arbeiter ist diesem Staube sehr ausgesetzt, weil er beim Halten der Maschine seinen Standpunkt unmittelbar vor dem Bohrloche zu nehmen gezwungen ist. Durch Einführung der Schlangenbohrer, die das Bohrmehl verhältnismäßig langsam herausschrauben, ist es gelungen, den Übelstand erheblich zu mildern.

Ein Nachteil ist ferner, daß man die Bohrhämmer im allgemeinen nicht wie die Stoßbohrmaschinen auch für die Schrämarbeit benutzen kann.

Über den Luftverbrauch der Bohrhämmer für eine gewisse Bohrleistung im Vergleiche mit den Stoßbohrmaschinen fehlen noch einwandfreie Zahlen.

c) Drehbohrmaschinen.

83. — Allgemeines. Die drehend wirkenden Bohrmaschinen werden mit Preßluft, mit Elektrizität oder mit Druckwasser angetrieben.

Die mit Preßluft ebenso wie die mit Elektrizität angetriebenen Drehbohrmaschinen sind für weicheres Gebirge (Tonschiefer, milde Sandsteine, Salz, Minette) bestimmt.

84. — Drehbohrmaschinen mit Preßluftantrieb. Maschine mit fahrbarem Motor. Der Motor einer Preßluft-Drehbohrmaschine ist entweder auf einem besonderen Wagen aufgestellt oder ist unmittelbar an die eigentliche Bohrmaschine angebaut. Steht der Motor auf einem Wagen, so können die Maße der Zylindermaschine derart gewählt und insbesondere die Kolbenfläche groß genug bemessen werden, daß der Motor ohne Übersetzung ins Langsame die Bohrmaschine anzutreiben imstande ist (Fig. 186). Der Motor M wird zweckmäßig so aufgebaut, daß die von ihm angetriebene Kurbelwelle K etwa in der Mitte der Streckenhöhe liegt, um von hier aus annähernd gleichmäßig den Arbeitsstoß in der unteren und oberen Hälfte beherrschen zu können. Die eigentliche, an einem Gestell G befestigte Bohrmaschine B entspricht in der Bauart und Wirkungsweise den Handbohrmaschinen, nur ist sie kräftiger und größer gebaut. Bohrmaschine und Kurbelwelle des Motors pflegen durch eine Doppelgelenkstange St, an deren Stelle auch eine biegsame Welle

treten kann, miteinander verbunden zu sein. Durch das Vorrücken der Bohrspindel wird der Motorwagen selbsttätig auf den Schienen nachgezogen.

Eine solche Bohreinrichtung ist sehr wenig ausbesserungsbedürftig und ist, solange das Gebirge nicht allzu fest wird, außerordentlich leistungsfähig. In etwa 10 Minuten reiner Bohrzeit läßt sich ein Loch von 1 m

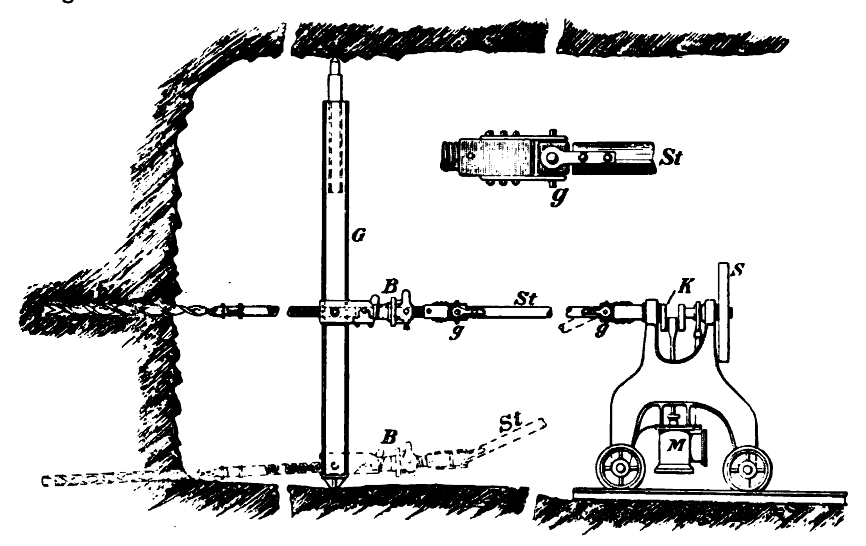


Fig. 186. Drehbohrmaschine mit fahrbarem Motor nach François.

Tiefe in der Regel bequem herstellen. Die Maschinen haben sich in Querschlagsbetrieben mehrfach sehr gut bewährt. Lästig ist freilich die Größe und der Umfang der ganzen Bohreinrichtung, da die Gelenkstange allein schon, um nicht allzu scharfe Ablenkungswinkel in den Gelenken zu erhalten, etwa 2 m lang sein muß. Die Kosten der Gesamteinrichtung stellen sich auf ungefähr 2000 M.

85. — Maschinen mit angebautem Preßluftmotor. Billiger, einfacher und handlicher werden die Maschinen, wenn man den Motor unmittelbar an die eigentliche Bohrmaschine anbaut, so daß das Gestell oder die Spannsäule auch den Motor zu tragen hat. In diesem Falle muß man zwecks Gewichtsersparnis dem Zylinder der Antriebsmaschine einen geringeren Durchmesser geben und den Motor, um die verlangte Leistung zu erzielen, als Schnelläufer bauen. Das hat zur Folge, daß man zwischen Motor und Bohrmaschine eine Kraftübertragung ins Langsame — in der Regel ein doppeltes Rädervorgelege — einschalten muß. Zahnradgetriebe an Bohrmaschinen sind aber nicht gerade angenehm, weil sie leicht verschmutzen, viel Kraft fressen und reichliches Geräusch verursachen. Auch unterliegen die als Schnelläufer gebauten Antriebsmaschinen einer starken Abnutzung und bedürfen häufiger Ausbesserungen.

86. — Elektrische Drehbohrmaschinen. Maschinen mit tragbarem Motor. Die elektrisch angetriebenen Drehbohrmaschinen ent-

sprechen in der allgemeinen Anordnung den beschriebenen Preßluftbohrmaschinen. Auch bei ihnen finden wir den Unterschied zwischen Maschinen mit besonderem und mit angebautem Motor. Der Elektromotor pflegt aber nicht fahrbar, sondern tragbar eingerichtet zu sein. Die Wahl der einen oder anderen Anordnung hängt zumeist von der jeweiligen Vorliebe und Gewöhnung der Leute ab.

87. — **Maschine der Siemens-Schuckertwerke.** Bei dieser viel gebrauchten Maschine ist der Motor mit 2 Handgriffen an jeder Seite

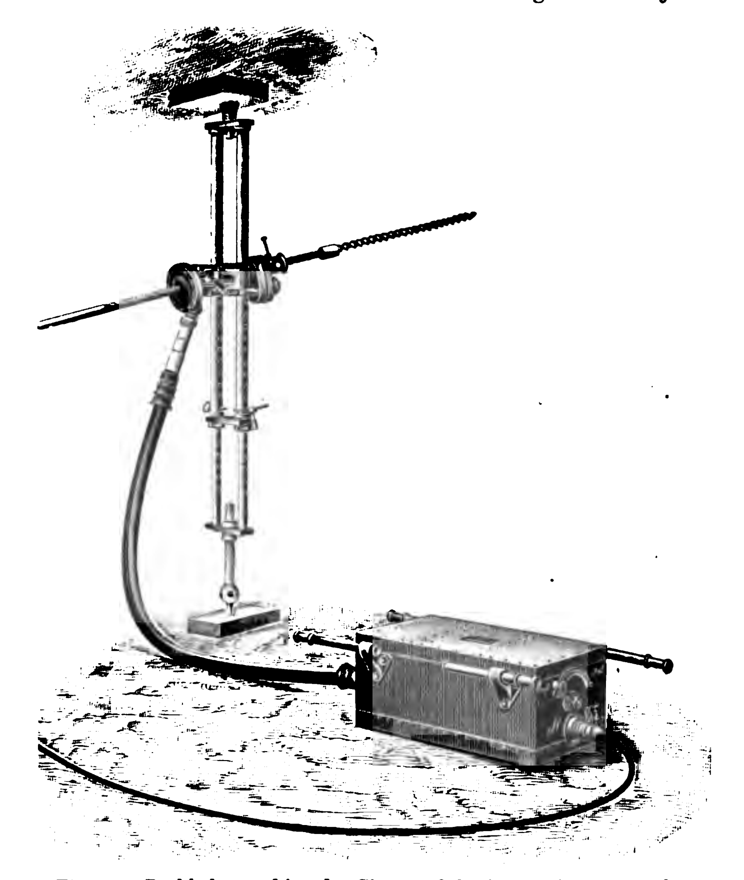


Fig. 187. Drehbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke in Ansicht.

versehen (Fig. 187) und kann von 2 Mann bequem getragen werden. Er ist ein Gleichstrommotor und leistet etwa 1 PS. Die ins Langsame übersetzte Drehgeschwindigkeit des Elektromotors wird durch eine biegsame Welle, die bei *a* (Fig. 188) angreift, auf die Bohrmaschine übertragen. Durch ein Zahnrädervorgelege wird das die Bohrspindel umgebende Rohr *b* in Drehung versetzt, welches seinerseits durch eine Nutenfeder *c* die Bohrspindel mitnimmt. Die Spindel läuft in einer Bronzemutter *m*. Da die Spindel linksgängiges Gewinde hat, so muß sie sich bei Rechtsdrehung rückwärts bewegen,

wenn die Spindelmutter m feststeht, dagegen vorwärts laufen, wenn sich die Spindelmutter schneller in derselben Richtung dreht, wie die Spindel.

Der Antrieb der Spindelmutter geschieht durch die 4 Vorschubräder $fghi$, von denen das erstere mit dem Mitnehmerrohr b fest verbunden ist, durch Vermittelung der Kupplung l. Letztere wird für gewöhnlich durch die die Spindelmutter umgebende Schraubenfeder r nach hinten (rechts) gedrückt und dadurch mit dem Zahnrade i gekuppelt. Da die Kupplung l mit der Mutter m durch die Nutenfeder verbunden ist, so muß in diesem Falle die Mutter mit derselben Geschwindigkeit rotieren wie das Rad i, also schneller als die Spindel, so daß diese vorwärts laufen muß. Will man die Spindel mit dem Bohrer rückwärts laufen lassen, so schiebt man während des Ganges der Maschine den Handgriff n und damit auch die Ausrückbüchse mit der Kupplung l nach

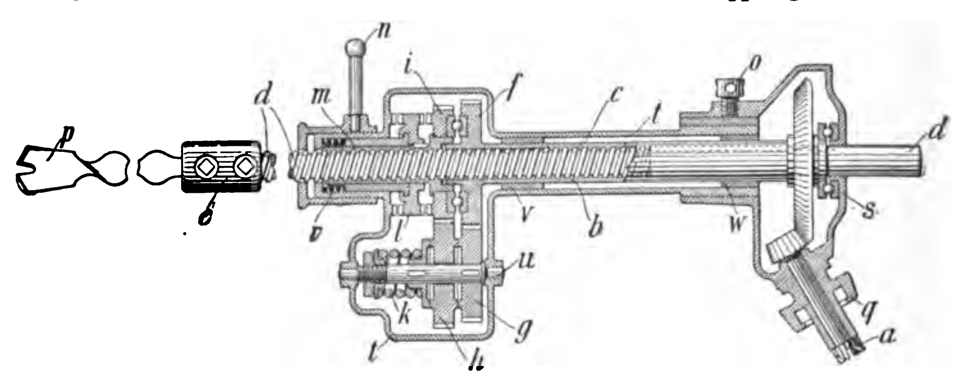


Fig. 188. Drehbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke im Schnitt.

vorn (links), wodurch die Kupplung mit dem Gehäuse gekuppelt und mit der Mutter festgehalten wird. Man kann so die Spindel vor- und rückwärts laufen lassen, ohne daß der Motor seine Drehrichtung ändert.

Die Schnelligkeit des Vorschubes regelt sich, abgesehen von den Größenverhältnissen der Zahnräder, auch selbsttätig nach der Gesteinshärte. Dies wird dadurch bewirkt, daß das Rad h nicht fest mit seiner Achse verbunden ist, sondern mittels einer Schraubenfeder k gegen das Rad g gedrückt und nur durch Reibung mitgenommen wird. Die Schraubenfeder ist durch Anziehen der vor derselben sitzenden Schraubenmutter so zu spannen, daß das Rad h zu gleiten beginnt, wenn der Widerstand, den das Gestein dem Bohrer bietet, eine für die Maschine nachteilige Größe erreicht.

Ein empfindlicher Teil bei solcher Bohreinrichtung ist die biegsame Welle. Sie ist teuer und leicht Beschädigungen unterworfen.

88. — **Drehbohrmaschinen mit angebautem Elektromotor. Maschine der Siemens-Schuckertwerke.** Fig. 189 zeigt eine elektrische Bohrmaschine mit angebautem Motor, wie sie von den Siemens-Schuckertwerken geliefert wird. Die Vorschubregelung entspricht völlig der unter Ziffer 87 gegebenen Beschreibung, so daß die Maschine ohne weitere Er-

klärung verständlich ist. Da die Maschine wegen ihres Gewichtes schwer zu handhaben ist, wird sie mittels eines an der Spannsäule angebrachten Flaschenzuges gehoben oder gesenkt.

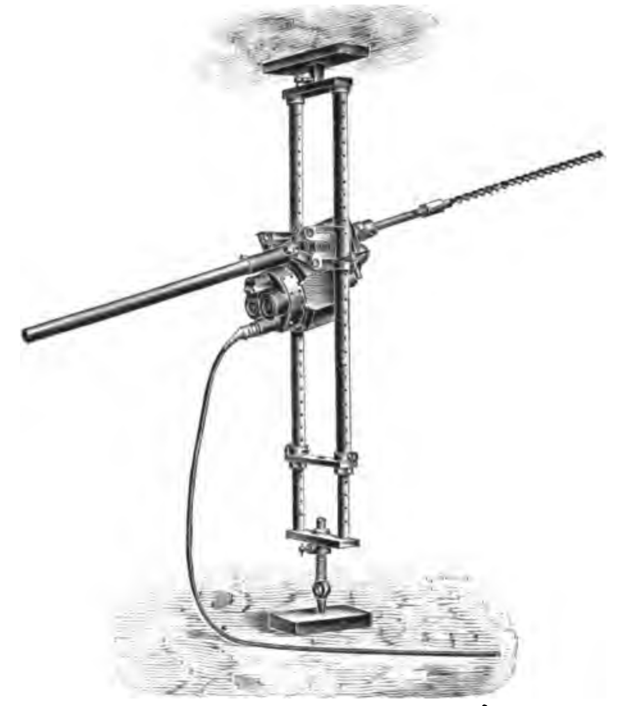


Fig. 189. Drehbohrmaschine der Siemens-Schuckertwerke mit angebautem Motor.

89. — Maschine der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft. Fig. 190 ist eine Ansicht der Drehbohrmaschine der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin. Die Bauart ist leicht zu verstehen, wenn man die Fig. 149 auf Seite 127 mit benutzt. Der Elektromotor sitzt



Fig. 190. Drehbohrmaschine der Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft mit angebautem Motor.

nämlich zwischen den Rädern *e* und *d* der Fig. 149 auf der Welle *h* und treibt diese an, so daß wir es mit einem bestimmten, je nach der Größe der auswechselbaren Differentialräder einzustellenden Vorschub zu tun haben. Der Vorschub der Spindel in der Minute schwankt von 82 bis 470 mm. Der Kraftverbrauch ist 1,5—2,0 PS. bei einer Stromspannung

von 110—220 Volt. Die Maschine wird insbesondere auf Minette- und Salzgruben benutzt.

90. — Leistungen. Bei günstigen Gebirgsverhältnissen sind die Leistungen elektrischer Drehbohrmaschinen außerordentlich hoch. Dies zeigt sich besonders, wenn man Gelegenheit hat, die Maschine voll auszunutzen. Auf der Minettegrube Rote Erde in Lothringen hat man bei einem Versuchsbohren mit einer einzigen Maschine in der 12stündigen Schicht 63 m Bohrloch fertig gestellt. Das ergibt unter Einrechnung aller Pausen, die durch Auswechseln der Bohrer, Versetzen der Maschine usw. entstanden sind, nur $11^1/_2$ Minuten für 1 m Bohrloch.

91. — Hydraulische Drehbohrmaschinen. Vorbemerkungen. Da gut gehärteter Bohrstahl härter als Quarz ist, muß drehendes Bohren mit einem Stahlbohrer auch für die härtesten, im Bergwerksbetriebe vorkommenden Gesteine anwendbar sein. Unter genügend hohem Druck dringt die Stahlschneide in alle Gesteinsarten ein, und das Gestein bricht und splittert ab. Für sehr harte Gesteine muß der Druck des Bohrers allerdings mehrere tausend Kilogramm betragen. Auch ist, damit die Schneide nicht glühend wird, für eine ausgiebige Kühlung Sorge zu tragen.

Die bisher besprochenen Drehbohrmaschinen sind für hartes Gestein nicht verwendbar. Weder die Gestelle, noch die Bohrer und die Maschinen würden den erforderlichen Druck aushalten. Es fehlt ferner an der Kühlung der Bohrerschneide. Auch die beschriebenen Antriebsmaschinen sind nicht geeignet. Denn bei dem hohen Bohrdrucke darf der Motor nur wenige Umdrehungen in der Minute machen, muß aber dafür eine starke Drehwirkung ausüben, wobei insgesamt eine hohe Kraftentwickelung erforderlich ist.

92. — Maschine von Brandt. Es gibt nur eine drehende Bohrmaschine, die den Anforderungen für hartes Gestein entspricht. Es ist dies die hydraulische Bohrmaschine von Brandt, die von der Maschinenfabrik Gebr. Sulzer zu Winterthur geliefert wird. Die Maschine ist seit dem Jahre 1879 bekannt und ist im Tunnelbau und Bergwerksbetrieb vielfach angewandt worden.

Die Maschine arbeitet mit Druckwasser von 20—150 Atmosphären. Am besten eignet sich ein Druck von 60—80 Atmosphären. Das Kraftwasser kann in Gruben, falls die erforderliche Druckhöhe vorhanden ist, unmittelbar aus der Steigleitung der Wasserhaltung entnommen werden. Ist dies nicht möglich, so wird eine besondere Maschinenanlage zum Pressen des Kraftwassers aufgestellt.

Das Druckwasser hat in der Brandtschen Maschine eine doppelte Aufgabe zu erfüllen; es muß

1. die Drehbewegung des Bohrers erzeugen und
2. das Vorschieben und Zurückziehen des Bohrers bewerkstelligen.

Dem Abwasser fällt außerdem die Aufgabe zu, das Bohrmehl aus dem Bohrloche zu spülen und die Bohrerkrone zu kühlen.

93. — Arbeitsvorgang. Der Arbeitsvorgang innerhalb der Maschine soll an der Hand der schematischen Fig. 191 erklärt werden. Durch das Druckwasser wird eine zweizylindrige Wassersäulenmaschine betrieben, die mittels zweier Kurbeln eine Schnecke *a* in Umdrehung ver-

setzt. Diese Schnecke dreht das Schneckenrad *b*, das fest mit dem Zylinder *c*, dem sog. Mitnehmerzylinder, verbunden ist, so daß dieser an der Drehung des Schneckenrades teilnehmen muß. Innerhalb des Mitnehmerzylinders liegt als feststehende Achse des Ganzen der Vorschubzylinder *d*, um den sich Mitnehmerzylinder und Schneckenrad drehen. Der Vorschubzylinder *d* ist hinten mittels des Spannringes *g* an der Spannsäule *S* befestigt. Die Maschine liegt, wie die Figur zeigt, nicht seitlich der Spannsäule, sondern vor dieser, so daß keine Drehwirkung auf die Säule ausgeübt wird. Innerhalb des Vorschubzylinders *d* befindet sich der vor- und rückwärts verschiebbare Hohlkolben *e* (Druck- oder Preßkolben). Zwischen dem vorderen Teile des Kolbens *e* und der Wand des Vorschubzylinders verbleibt ein schmaler, ringförmiger Raum *r*, so daß der Kolben hinten eine große Druckfläche *R* und vorn eine kleine *r* besitzt. Das durch die Rohrleitung *f* zugeführte Druckwasser wirkt auf beide Kolbenflächen, so daß der Kolben mit dem Differentialdrucke nach vorn gepreßt wird. Soll der Kolben zurückgehen, so wird durch ein Dreiwegestück der hintere Zylinderraum von der Druckwasserleitung abgesperrt, während man gleichzeitig das in diesem befindliche Wasser austreten läßt.

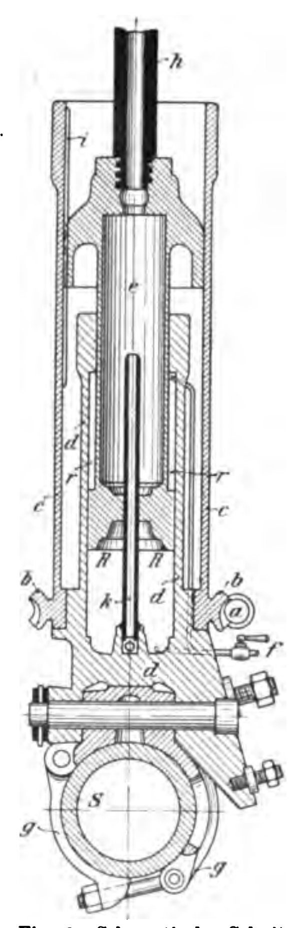


Fig. 191. Schematischer Schnitt durch die Brandtsche Bohrmaschine.

Der Hohlkolben trägt in seiner Verlängerung nach vorn die hohle Bohrstange *h*. Auf dieser Stange wird der eigentliche Bohrer befestigt. Der Bohrer muß somit dem Vorwärts- und Rückwärtsgange des Kolbens *e* folgen.

Die Drehung des Bohrers wird dadurch erzielt, daß der Mitnehmerzylinder *c* mit einer Feder *i* in eine entsprechende Längsnut des verbreiterten Kopfes der Kolbenstange *e* eingreift. Die Wassersäulenmaschine erteilt also mit dem Schneckenrade *a* und dem Mitnehmerzylinder *c* gleichzeitig dem Kolben *e* und dem darauf befestigten Bohrer *h* eine Drehbewegung, während der Vorschub durch den im Vorschubzylinder auf die Kolbenfläche *R* wirkenden Druck des Kraftwassers erfolgt.

Rohr *k*, das durch eine Stopfbüchsendichtung bis in den Hohlkolben *e* geführt ist, leitet das Abwasser der Wassersäulenmaschine zum Hohlbohrer. Das Wasser tritt seitlich des Hohlbohrers wieder aus dem Bohrloche und entfernt das Bohrmehl, während gleichzeitig die Bohrkrone gekühlt wird.

Der Bohrer ist aus zähem Stahl gefertigt und erhält 2, 3 oder 4 Zähne, je nach der Härte des Gesteins (Figuren 192 und 193). Die Weite der Bohr-

löcher beträgt 65—88 mm. Der sich in die hohle Bohrstange schiebende Gesteinskern bricht meist von selber ab und wird mit dem Bohrer herausgezogen.

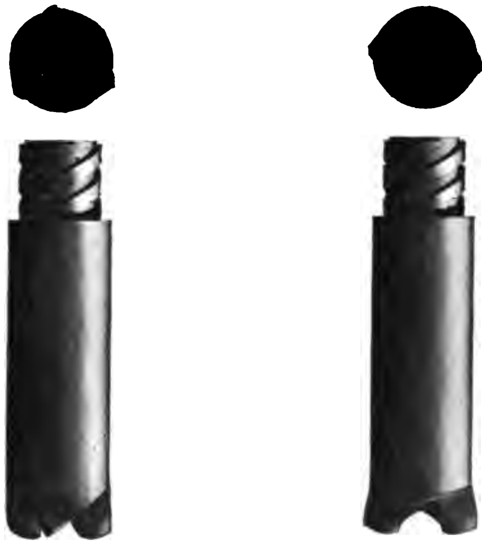


Fig. 192. Fig. 193.
Brandtsche Hohlbohrer.

94. — Bohrsäule und Bohrwagen. Die Bohrsäule, an der die Bohrmaschine befestigt ist, besteht aus einem Zylinder und einem darin verschiebbaren Plunger. Die Spannsäule wird mittels Wasserdruckes auseinandergeschoben und preßt sich so mit großer Gewalt gegen die Gesteinsstöße fest.

Bei der Schwere der Bohrmaschinen und der Spannsäulen würden unmittelbare Bewegung und Handhabung zu lästig sein. Man benutzt deshalb stets einen Bohrwagen, der mit einem zweiarmigen Tragehebel ausgerüstet ist (Fig. 194). Die Spannsäule ist auf dem vorderen Ende dieses Hebels horizontal befestigt und kann je nach Einstellung des Hebels in höherer oder niedrigerer Lage über der Sohle festgespannt werden. Auf der Spannsäule pflegen 2 Brandtsche Maschinen befestigt zu sein, die darauf seitlich verschiebbar angeordnet sind und unter verschiedenem Winkel zur Horizontalen bohren können. Durch die verschiedene Einstellung der Spannsäule und der Bohrmaschinen läßt sich der ganze Arbeitsort leicht bestreichen.

Vor dem Schießen wird die Spannsäule vom Wasserdrucke entlastet, dadurch entspannt und sodann in die Streckenrichtung herumgeschwenkt. Der Wagen kann nunmehr zurückgeholt werden.

95. — Tourenzahl und Kraftverbrauch. Die Tourenzahl der Wassersäulenmaschine und die Zahnzahl des Schneckenrades sind so bemessen, daß der Bohrer in der Minute nur etwa 5 Umdrehungen macht. Die Maschine verbraucht sekundlich 1—2 l Wasser. Bei mittlerem Wasserdrucke und mittlerer Gesteinshärte, kann der Kraftverbrauch einer Maschine auf etwa 15 PS. angenommen werden. Dementsprechend muß

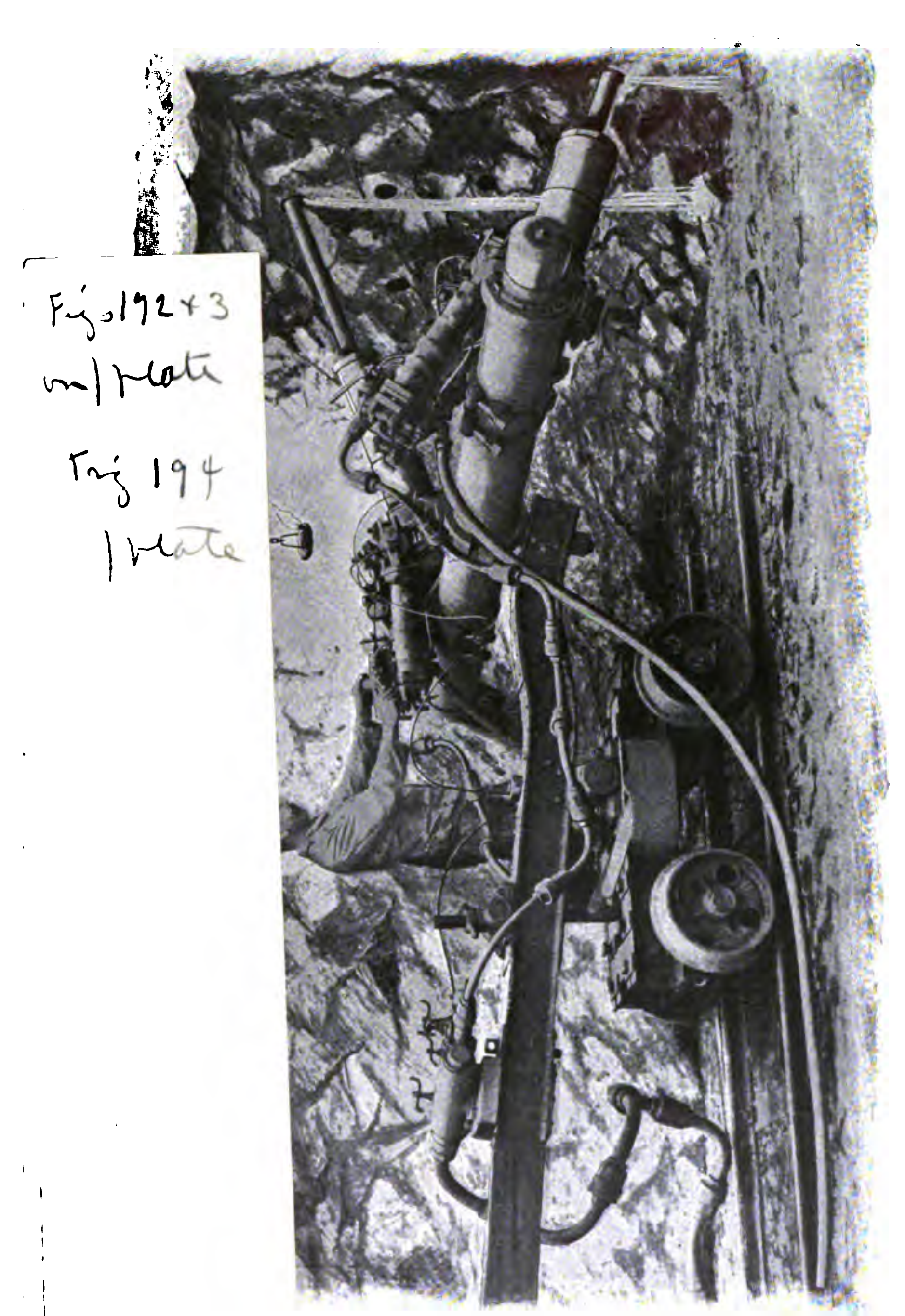


Fig. 194. Ansicht der Brandtschen hydraulischen Bohrmaschine.

bei Entnahme des Wassers aus der Wasserhaltungs-Steigleitung die Pumpenleistung gesteigert werden.

96. — Leistungen. Die Leistungen der Brandtschen Bohrmaschinen sind auch in hartem Gestein bemerkenswert hoch. In sehr hartem Konglomerat kann man in einer Minute nutzbarer Bohrzeit immer noch 1,2 cm, in Gneis bis zu 4 cm und in festem Sandstein 4—5 cm Bohrfortschritt erzielen. Im Mansfeldschen hat man im Jahre 1888 in 292 Arbeitstagen 1694 m Strecke aufgefahren, durchschnittlich also 5,8 m an einem Tage. Bei günstigem Gebirge stieg der Tagesfortschritt im monatlichen Durchschnitt auf 6,2 m. Es sind das Leistungen, wie sie mit Luftbohrmaschinen im festen Gebirge wohl noch nie erzielt sind. Dabei ist stets nur mit 2 Maschinen vor Ort gearbeitet worden, und für 2 Streckenbetriebe mit zusammen 4 Maschinen genügte eine Einzige als Reserve. Daraus ergibt sich eine große Haltbarkeit und geringe Ausbesserungsbedürftigkeit der Maschinen. Nach 5jährigem Gebrauche sind sie im Mansfeldschen noch tadellos erhalten gewesen.

Wegen ihrer unübertroffenen Leistungsfähigkeit werden die Maschinen beim Tunnelbau besonders häufig verwandt. Der 19,8 km lange, unter den schwierigsten Verhältnissen gebaute Simplontunnel ist mit Brandtschen Bohrmaschinen hergestellt. Bei Beginn der Arbeiten wurden z. B. während eines Zeitraumes von 21 Monaten in 587 eigentlichen Arbeitstagen auf der Nordseite des Tunnels 3616 m Stolln aufgefahren, was einem täglichen Fortschritt von 6,2 m für den Arbeitstag entspricht.

97. — Anschaffungskosten. Wenn die Brandtschen Bohrmaschinen im Bergbau trotz ihrer zweifellos ausgezeichneten Leistungen verhältnismäßig nur selten angewandt worden sind, so liegt das hauptsächlich an den hohen Anlagekosten. Die Bohrmaschineneinrichtung nebst Zubehör für einen einzigen Streckenbetrieb kostet, wenn das Wasser aus der Steigleitung der Wasserhaltung entnommen werden kann, etwa 15000 M. Ist das nicht der Fall, so daß Preßpumpen, Akkumulatoren für die Aufnahme des gepreßten Wassers und Druckleitungsrohre für größere Längen beschafft werden müssen, so können die Anlagekosten wohl auf die doppelte Summe steigen. Es ist klar, daß solche Summen nur angelegt werden können, wenn es sich um sehr umfangreiche Arbeiten handelt.

98. — Vor- und Nachteile des Betriebes. Die Arbeit selbst ist wegen der großen Nässe nicht gerade angenehm. Es läßt sich nicht vermeiden, daß die Streckensohle mehr oder weniger unter Wasser steht. Für den Bergbau kommt hinzu, daß die Abwässer nicht tieferliegende Baue gefährden dürfen. Häufig muß schon aus diesem Grunde die Verwendung Brandtscher Maschinen außer Betracht bleiben.

Ein Vorteil der Maschinen sind die weiten Bohrlöcher, die es gestatten, die Sprengladung tief in das Gestein zu bringen. Die Sprengwirkung ist deshalb sehr gut. Allerdings stellt sich dabei der Übelstand heraus, daß das Gestein um das Bohrlochstiefste herum arg zerschlagen wird. Das Gebirge wird deshalb zerklüftet, so daß die Haltbarkeit der Strecke leidet, falls sie nicht später erweitert oder sorgsam berissen wird.

Alles in allem haben die Brandtschen Maschinen sich für umfangreiche Arbeiten durchaus bewährt. Vielleicht wird ihre Bedeutung für die Ausrichtung der Gruben mit dem Vordringen des Bergbaues in größere

Teufen wachsen, je mehr sich die Gelegenheit findet, das Betriebswasser unmittelbar aus der Steigleitung der Wasserhaltung zu entnehmen.

99. — Diamantdrehbohrmaschinen. Als drehende Bohrmaschinen für festes Gestein sind schließlich noch Diamantbohrmaschinen verwendbar in der Art, wie sie für Tiefbohrungen und für Untersuchungsbohrlöcher benutzt werden. Die Krone eines mit schwarzen Diamanten besetzten Hohlbohrers läuft unter verhältnismäßig geringem Drucke gegen das Gestein schnell um und bohrt sich so in das Gebirge, während Spülwasser das Bohrloch reinigt und die Diamantkrone kühlt. Während der Meißel der Brandtschen Maschine in das Gestein hineingedrückt wird und dieses wegbricht, schabt oder schleift die Diamantkrone das Gestein fort. Tatsächlich lassen sich so hohe Bohrleistungen erzielen.

Die Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin liefert solche Maschinen und gibt an, daß bei einem Kraftverbrauche des Motors von noch nicht einmal 1 PS. z. B. in grobkörnigem Sandstein 4—6 cm minutlich abgebohrt werden können. Der Grund dafür, daß solche Bohrmaschinen trotz ihrer guten Leistungen für die Zwecke der Sprengarbeit nicht Eingang finden, liegt in dem hohen Diamantverbrauch und den hieraus entstehenden Kosten. Die Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft nimmt für harte, quarzige Gesteine etwa 50—60 Pf. Diamantkronenkosten auf 1 m Bohrloch an und empfiehlt die Maschinen im allgemeinen nur für solche Fälle, wo es nicht so sehr auf die Höhe der Betriebskosten, als auf eine große und glatt sich abwickelnde Bohrleistung ankommt. Nach älteren Versuchen,[1]) die man im Königreich Sachsen gemacht hat, betrugen allein die Diamantkosten auf 1 m Bohrloch, je nach der Härte des Gesteins, 1,36—4,00 M.

Bemerkenswert ist, daß die erste, für die Sprengarbeit gebaute Diamantbohrmaschine, die 1867 auf der Pariser Weltausstellung vorgeführt wurde, den Anstoß für die Verwendung von Diamanten bei der Tiefbohrung gegeben hat. So vorzüglich die Diamantbohrkrone sich auf diesem Gebiete bewährt hat, ebenso sehr hat sie für den eigentlichen Zweck, für den sie geschaffen war, versagt.

100. — Rückblick. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Verwendungsgebiet für drehendes Bohren, wenn man von den Brandtschen Bohrmaschinen absieht, in verhältnismäßig weichem Gebirge liegt. Hier sind die Leistungen der Drehbohrmaschinen unübertroffen und steigen in der Minute reiner Bohrzeit auf 50, ja sogar 70 cm. In hartem Gesteine dagegen versagen die gewöhnlichen Drehbohrmaschinen, und es eröffnet sich das Feld für die stoßenden und schlagenden Bohrmaschinen.

Die Sprengstoffe.

A. Allgemeiner Teil.

101. — Begriff der Explosion. Die Wirkung der Sprengstoffe beruht auf ihrer Explosionsfähigkeit. Die Explosion ist eine sehr schnell verlaufende, chemische Umsetzung des Sprengmittels, wobei als Explosionserzeugnisse außer etwaigen festen Rückständen, die als Rauch in die Erscheinung treten, vorzugsweise Gase unter einer hohen Temperatur

[1]) Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenw. im Kgr. Sachsen, 1890, S. 95 ff.

(Explosions- oder Flammentemperatur) entstehen. Man pflegt häufig die Explosion als plötzliche Verbrennung aufzufassen. In den meisten Sprengstoffen sind nämlich einerseits brennbare und anderseits solche Bestandteile vereinigt, die Sauerstoff abgeben. Als brennbare Bestandteile kommen hauptsächlich Kohlenstoff und Wasserstoff und deren Verbindungen miteinander in Betracht. Demzufolge sind die wichtigsten gasförmigen Explosionserzeugnisse Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasserdampf.

Die Spannkraft der stark erhitzten, im Bohrloch zusammengedrängten Gase bewirkt die Sprengung.

102. — Einleitung der Explosion. Die Explosion bedarf, um vor sich zu gehen, eines äußeren Anstoßes, der Zündung. Manche Sprengstoffe explodieren unter der Wirkung der einfachen Erwärmung, so z. B. Schwarzpulver, wenn es an einem Punkte auf 315°, und Knallquecksilber, wenn es auf 186° erhitzt wird. Bei anderen Sprengstoffen tritt infolge Erwärmung an freier Luft zwar bei einer gewissen Temperatur ebenfalls Entflammung ein, ohne daß aber das darauf erfolgende, verhältnismäßig langsame Abbrennen zur eigentlichen Explosion zu führen braucht. Z. B. kann Dynamit, auf 200—210° erhitzt, ohne Explosion abbrennen. Zur Einleitung der eigentlichen Explosion ist in solchen Fällen außerdem eine Steigerung des Gasdruckes notwendig.

Die Entzündungstemperatur, bei der ein Sprengstoff ins Brennen gerät oder explodiert, darf nicht mit der nach eingeleiteter Explosion entstehenden Explosions- oder Flammentemperatur verwechselt werden.

103. — Arten der Explosion. Es gibt bei der eigentlichen Explosion zwei verschiedene Arten der Fortpflanzung, nämlich Deflagration (Verbrennung) und Detonation. Man unterscheidet hiernach langsam explodierende (deflagrierende) und brisante Sprengstoffe. Zu der ersteren Gruppe gehören das Schwarzpulver und die damit verwandten Sprengstoffe, ferner die eigentlichen Schießmittel, wie das rauchlose Pulver. Die Wirkung ist langsam, schiebend und nur wenig zertrümmernd. Zu den brisanten Sprengstoffen gehören das Dynamit, die Sicherheitssprengstoffe und das Knallquecksilber. Die Wirkung ist infolge der Plötzlichkeit der Kraftäußerung heftiger, so daß bei Explosion von Sprengladungen an freier Luft selbst die Unterlage zerschmettert wird.

Die langsame Explosion pflanzt sich durch unmittelbare Wärmeübertragung von Schicht zu Schicht — also gleichsam durch Abbrennen — fort; die Geschwindigkeit beträgt nur wenige Meter bis höchstens einige hundert Meter in der Sekunde. Bei der Detonation läuft die Explosion durch Vermittelung einer besonderen physikalischen Wellenbewegung — ähnlich der Wirkung der Schallwelle — weiter. Es sind also die Schwingungen der „Explosionswelle“, die die Explosion fortpflanzen. Die hierbei sich ergebenden Explosionsgeschwindigkeiten sind außerordentlich hoch und betragen z. B. in der Sekunde bei den Ammonsalpetersprengstoffen 2000—3900 m, bei Dynamit etwa 6000 m und bei Sprenggelatine sogar 7700 m.

104. — Erzeugnisse der Explosion. Über die bei der regelmäßigen Explosion einiger bekannter Sprengstoffe entstehenden Gase und die Menge des festen Rückstandes gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Name des Sprengstoffs	1000 g liefern bei der Explosion an Gasen:							1000 g liefern festen Rückstand (Rauch)
	insgesamt	CO_2	H_2O	CO	N_2	O_2	H_2	
	Liter							g
Schwarzpulver (75 %ig)	296	122	—	87	87	—	—	564
Gelatinedynamit	640	248	234	—	135	23	—	166
Kohlenkarbonit	805	149	148	211	79	—	218	245
Dahmenit A	977	124	555	—	268	—	30	22
Westfalit	982	73	594	—	273	42	—	27

Die Tabelle zeigt, wie überaus verschieden nach Art und Menge die Nachschwaden der einzelnen Sprengstoffe sind.

105. — Das Auskochen der Sprengschüsse. Wie bereits oben gesagt, können manche Sprengstoffe unter Umständen ohne Explosionserscheinung abbrennen. Geschieht dies im Bohrloche an Stelle der Explosion, so ist es besonders auffällig, und wir sprechen von einem Auskochen des Sprengschusses. Es kommt in der Praxis nicht selten vor und wird namentlich bei den Dynamiten und den Sicherheitssprengstoffen beobachtet.

Auskochende Sprengschüsse unterscheiden sich von explodierenden nicht nur durch die verschiedene Schnelligkeit der chemischen Umsetzung und durch die fehlende Sprengwirkung, sondern auch durch die Art der Zersetzung des Sprengstoffs. Die Beschaffenheit der bei dem Auskochen und bei der Explosion entstehenden Gase ist verschieden. Insbesondere sind es nitrose Dämpfe, die höheren Oxyde des Stickstoffs: NO und N_2O_3, die als unterscheidendes Kennzeichen auftreten.

Man kann bei allen auskochenden Schüssen bemerken, daß aus dem Bohrloche große Mengen eines gelbroten Qualmes hervorbrodeln, die eben die genannten Stickoxydverbindungen sind und die bei regelmäßiger Explosion in den Nachschwaden völlig fehlen. Zu erklären ist diese Erscheinung so, daß die in den meisten Sprengstoffen vorhandene Nitrogruppe NO_2 beim Auskochen nicht gänzlich, wie bei der kräftigeren Explosion, auseinanderfällt, sondern zum Teil die Stickstoffoxydverbindungen erhalten bleiben. Da hierbei der verfügbare Sauerstoff nicht gänzlich frei wird, ist auch der Kohlenoxydgehalt in den Schwaden auskochender Schüsse viel größer als bei der ordnungsmäßigen Explosion.

Stickoxyd äußert ebenso wie Kohlenoxyd giftige Wirkungen,[1]) so daß tödliche Verunglückungen in den Nachschwaden von Schüssen, die ausgekocht haben, nicht ausgeschlossen sind.

Von den mancherlei Ursachen für das Auskochen von Sprengladungen sind am häufigsten: zu schwache Sprengkapseln; Verwendung von Sprengkapseln, deren Knallsatz durch Feuchtigkeitsaufnahme gelitten hat; Zündung ohne Sprengkapseln; schlechtes Einsetzen der Zündschnur mit der Kapsel in die Ladung, so daß letztere vor der Explosion der Kapsel entzündet wird; Verwendung von Sprengstoffen, die im gefrorenen

[1]) Näheres darüber im Abschnitt Grubenbewetterung.

Zustande sich befinden oder feucht geworden sind; Bohrmehlansammlungen zwischen den einzelnen Patronen der Sprengladung im Bohrloche.

Eine und dieselbe Ladung kann zum Teil auskochen und zum Teil explodieren, ohne daß dies unmittelbar am Knall und an der Sprengwirkung bemerkt zu werden braucht. In solchen Fällen spürt man an dem unverhältnismäßig reichlichen, unangenehm reizenden Qualme, daß eine glatte, volle Explosion nicht stattgefunden hat. Die Bergleute sind dahin zu erziehen, daß sie die Nachschwaden von Schüssen meiden, bei denen der Verdacht auch nur eines teilweisen Auskochens der Ladung besteht.

106. — Explosionsgefahr und Gasdruck. Die Ermittelung der Explosions- oder Flammentemperatur der Sprengstoffe ist im Hinblick auf die noch zu besprechenden Sicherheitssprengstoffe von Bedeutung. Auch wenn man den Druck ermitteln will, unter dem die entwickelten Gase bei der Explosion in einem gegebenen Raume stehen, ist die Kenntnis der Explosionstemperatur notwendig. Wege, die Explosionstemperaturen unmittelbar oder mittelbar zu messen, sind zurzeit nicht bekannt. Man ist allein auf die Rechnung angewiesen.

Die zur Explosion kommende Sprengstoffmenge ist theoretisch ohne Einfluß auf die Höhe der Flammentemperatur, da diese lediglich von dem Verhältnis der frei werdenden Wärmemenge zur spezifischen Wärme der Explosionserzeugnisse abhängt und das genannte Verhältnis bei jeder Ladung unverändert bleibt Tatsächlich wird aber besonders für die kleinsten Ladungen ein Unterschied anzunehmen sein, da für sie die von außen mit Übermacht einwirkende Abkühlung es nicht zur Erreichung der höchsten, möglichen Temperatur kommen lassen wird. Ferner wird stets die im ersten Augenblicke der Explosion erreichte, höchste Flammentemperatur sofort infolge Ausdehnung der Gase, Abkühlung und Arbeitsleistung wieder sinken. Die rechnungsmäßigen Explosionstemperaturen der wichtigeren Sprengmittel sind in der auf S. 170 und 171 befindlichen Übersicht zusammengestellt.

Aus der Menge der entstandenen Gase und der Explosionstemperatur läßt sich nach dem Gay-Lussac-Mariotteschen Gesetze der Gasdruck für einen gegebenen Explosionsraum berechnen. Der Druck stellt sich um so höher, je größer die sog. Ladedichte ist, d. h. je mehr Gewichtseinheiten des Sprengstoffs sich in der Raumeinheit unterbringen lassen. Spezifisch schwere Sprengstoffe sind deshalb vorteilhaft, ebenso plastische Sprengmittel, weil sie dichter als körnige Stoffe liegen und das Bohrloch besser ausfüllen. Das Ladegewicht der üblichen Sprengstoffe schwankt zwischen 0,80 (Kornpulver) und 1,6 (Gelatinedynamit). Der Gasdruck im Bohrloche ist auf mindestens mehrere Tausend Atmosphären zu schätzen.

107. — Sprengkraft und Sprengwirkung. Die Arbeitsfähigkeit der Sprengstoffe — in der Regel mit Sprengkraft bezeichnet — ist aus physikalischen Gründen gleich der bei der Explosion entwickelten Wärmemenge. Man kann deshalb diese Wärmemenge unmittelbar als Maß für die zu erwartende Arbeitsleistung nehmen, indem man die Zahl der errechneten oder gemessenen Kalorien mit 425, als dem mechanischen Wärme-

äquivalent, multipliziert. Tut man das, so erhält man die in Spalte 3 der Übersicht auf S. 170 und 171 angegebenen Zahlen.

Von der Arbeitsfähigkeit des Sprengstoffs muß man die tatsächliche Sprengwirkung streng unterscheiden. Nur ein geringer Teil der im Sprengstoffe steckenden Kraft kann in der Sprengwirkung nutzbar gemacht werden. Die bei der Explosion frei werdende Arbeit wird nämlich verbraucht:

a) in Wärmewirkungen,
b) zur Zertrümmerung und Zermalmung des der Sprengladung zunächst liegenden Gesteins,
c) zum Absprengen und Abschleudern der Vorgabe.

Erwünscht ist in der Regel nur die Wirkung unter c, die als nutzbare Sprengwirkung aufzufassen ist.

Für die nutzbare Sprengwirkung fällt sehr wesentlich die Explosionsschnelligkeit ins Gewicht. Es ist klar, daß eine gewisse Geschwindigkeit in der Druckäußerung der Sprenggase die Vorbedingung für jede Sprengwirkung ist. Bei zu langsam ansteigendem Gasdrucke würde durch Herausschieben des Besatzes oder durch kleine Klüfte der Druckausgleich in der Hauptsache ohne den beabsichtigten Sprengerfolg stattfinden. Anderseits ist die höchste Explosionsgeschwindigkeit durchaus nicht immer die günstigste. Ein allzu brisanter Sprengstoff wird das Gestein um sich herum unnötig zermalmen und zerkleinern, ohne diesem die Zeit zu geben, auf den vorhandenen Lagen zu reißen und in großen Stücken niederzubrechen. Aus dem gleichen Grunde kann man die brisanten Sprengmittel in Schießwaffen nicht gebrauchen. Das Gewehr würde zertrümmert werden, ehe die Kugel den Lauf verlassen hätte.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß in zähem, festem Gesteine brisante Sprengstoffe, in lagenhaftem, geschichtetem Gesteine dagegen solche von geringerer Explosionsgeschwindigkeit die günstigsten Sprengwirkungen hervorbringen. Das Verhältnis der Sprengwirkungen verschiedener Sprengstoffe ändert sich also mit der Art des Gesteins, in dem die Verwendung stattfindet. Ein Sprengstoff, der für alle Verhältnisse passend ist und in jedem Gestein die günstigsten Wirkungen aufweist, ist unmöglich.

108. — Trauzlsche Bleimörserprobe. Wenn man trotzdem durch praktische Proben einen Maßstab für die Sprengwirkung verschiedener Sprengstoffe zu finden versucht, so sind die Ergebnisse mit der nötigen Vorsicht aufzunehmen. Am häufigsten wird die Trauzlsche Bleimörserprobe angewandt. Dieselbe wird in Bleizylindern ausgeführt, die einen zylindrischen Hohlraum besitzen. In letzterem wird eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Sprengstoffs (gewöhnlich 10 g) unter Besatz zur Explosion gebracht. Die hierdurch bewirkte Erweiterung des Hohlraumes oder die Ausbauchung dient als Maß für die Sprengwirkung des Sprengstoffs. Man wendet jetzt zum Zwecke einheitlicher Beurteilung allgemein Bleizylinder mit den in Fig. 195 angegebenen Maßen an.

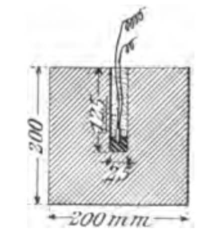


Fig. 195. Bleimörser.

Die Fig. 196 zeigt eine Reihe von Bleizylindern, die nach geschehener Probe durchsägt worden sind. Die Zylinder besitzen allerdings noch die früher üblichen Maße. Die benutzten Sprengstoffe waren, wenn man das Bild von links nach rechts verfolgt: Dynamit, Roburit, Dahmenit, Dahmenit A, Westfalit, Köln-Rottweiler Sicherheits-Sprengpulver, Progressit, Roburit I, Kohlenkarbonit und Schwarzpulver. Von den brisanten Sprengstoffen waren je 10 g und vom Schwarzpulver 25 g als Schußladung benutzt worden. Es fällt hierbei die stark birnenförmige Gestalt der Aus-

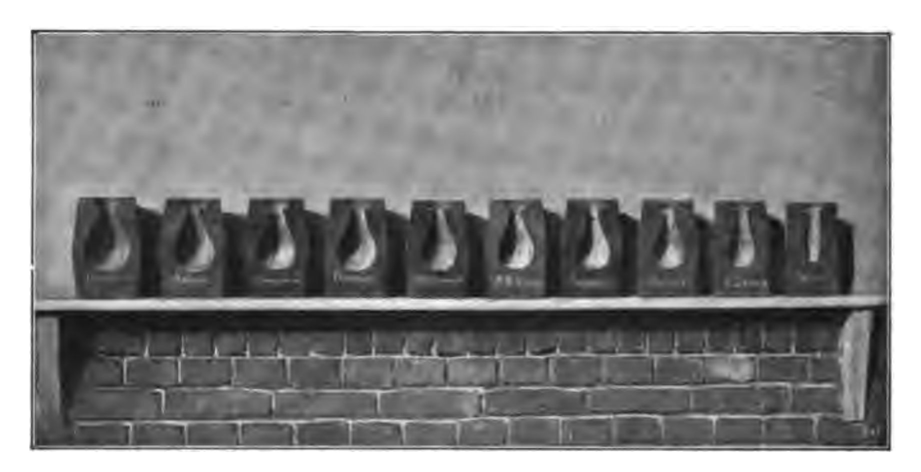


Fig. 196. Trauzlsche Bleimörser (nach der Probe durchsägt).

bauchung bei den brisanten Sprengstoffen gegenüber der flaschenförmigen, durch Schwarzpulver erzielten Ausbauchung auf.

Das Bild lehrt auf den ersten Blick, daß man mittels dieser Probe nur Sprengstoffe miteinander vergleichen darf, die sich in ihrer Explosionsschnelligkeit nahe stehen. Schwarzpulver mit seiner so geringen Brisanz kommt in der zähen Bleimasse kaum zur Geltung, da die langsam sich entwickelnden Gase ungenützt aus dem Bohrloche entweichen können. Dagegen ergeben die brisantesten Stoffe verhältnismäßig die größten Ausbauchungen.

109. — Übersicht. In der folgenden Übersicht sind für einige bekannte Sprengmittel die Explosionstemperaturen, die Arbeitsfähigkeiten und die Ausbauchungen im Trauzlschen Bleimörser zusammengestellt:

1. Bezeichnung des Sprengstoffs	2. Explosionstemperatur °C.	3. Arbeitsfähigkeit mkg	4. Ausbauchung im Trauzlschen Bleimörser durch 10 g ccm
75 %iges Schwarzpulver	2440	245000	nicht vergleichsfähig.
Gelatinedynamit	2984	538000	556
Sprenggelatine	3203	632000	770

1. Bezeichnung des Sprengstoffs	2. Explosions-temperatur °C.	3. Arbeitsfähig-keit mkg	4. Ausbauchung im Trauzlschen Bleimörser durch 10 g ccm
Dahmenit A	2064	388000	444
Roburit I	1616	260000	321
Westfalit	1806	318000	389
Kohlenkarbonit	1845	267000	206
Karbonit I	1868	277000	231
Karbonit II	1821	269000	246

B. Besonderer Teil.

110. — Einteilung der Sprengstoffe. Die für den Bergbau wichtigen Sprengstoffe kann man in folgenden Gruppen zusammenfassen:

1. Schwarzpulver und schwarzpulverähnliche Sprengstoffe,
2. Dynamite,
3. Sicherheitssprengstoffe mit Einschluß aller Ammonsalpetersprengstoffe,
4. sonstige Sprengmittel.

Eine solche Unterscheidung ist keineswegs scharf. Es bleiben in manchen Fällen Zweifel bestehen, zu welcher Gruppe ein bestimmter Sprengstoff zu rechnen ist. Immerhin erleichtert diese Einteilung den Überblick.

a) Schwarzpulver und schwarzpulverähnliche Sprengstoffe.

111. — Zusammensetzung und Herstellung. Das Schwarzpulver hat seit seiner Erfindung Jahrhunderte hindurch unverändert die alte Zusammensetzung — Holzkohle, Schwefel, Kalisalpeter in innigstem, feinstem Gemenge — beibehalten. Holzkohle und Salpeter unterhalten die Verbrennung. Der Zusatz von Schwefel erleichtert die Zündung und ist für die Gleichmäßigkeit der Verbrennung und ihrer Geschwindigkeit notwendig.

Die Bestandteile werden für sich fein gemahlen und sodann aufs Sorgfältigste gemengt. Der fertig gemischte Satz wird unter Befeuchtung mit Wasser zu Kuchen gepreßt, die zu Körnern von eckigen Formen gebrochen und durch Siebe sortiert werden. Nach erfolgter Trocknung werden die Körner durch Absieben vom Staube befreit und meistens noch durch rollende Bewegung in glatten Holztrommeln mit oder ohne Graphitzusatz poliert.

Das Pulver wird in eckiger oder abgerundeter Kornform, rauh oder poliert, in den Handel gebracht. Die Größe der Körner schwankt von 1—10 mm. Das Kornpulver wird lose in Fässern oder in fertigen Patronen in Kisten versandt. Die Patronen erhalten die verlangten Durchmesser und Längen.

Neben dem Kornpulver stellt man auch sog. komprimiertes Pulver her, das in besonderen Pressen mit entsprechenden Stempeln und

Matrizen aus dem feuchten Satze unter starkem Druck zu Zylindern vom Durchmesser der verlangten Patronen zusammengepreßt wird. Die Pulverzylinder erhalten zum Zwecke der schnelleren Fortpflanzung der Zündung und zur Aufnahme der Zündschnur einen in der Mitte oder seitlich liegenden Zündkanal und können dann, wie die Figuren 197 und 198

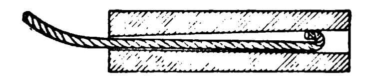


Fig. 197. Patrone aus komprimiertem Pulver mit Zündschnur.

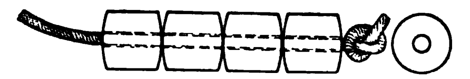


Fig. 198. Aufreihung der Patronen aus komprimiertem Pulver auf der Zündschnur.

zeigen, auf die Zündschnur gezogen werden. Sprengladungen aus komprimiertem Pulver sind handlich und besonders bequem beim Laden und Besetzen.

Im allgemeinen ist für Güte und Preis des Pulvers der Salpetergehalt ausschlaggebend. Man bezeichnet das Pulver als 65-, 70- oder 75prozentig, wenn es 65, 70 oder 75 % Salpeter enthält. Je größer der Gehalt an Salpeter, desto sprengkräftiger ist das Pulver. Die in Deutschland üblichen Zusammensetzungen sind:

Kalisalpeter	65 %	70 %	75 %
Kohle	20 „	16 „	15 „
Schwefel	15 „	14 „	10 „
	100 %	100 %	100 %

Je zäher und fester das zu sprengende Gestein ist, desto hochprozentiger muß das Sprengpulver gewählt werden.

Grobes Korn und Politur verlangsamen die Verbrennungsgeschwindigkeit. In zähem, geschlossenem Gesteine oder in entsprechender Kohle, wo die Pulvergase im Bohrloche Zeit haben, sich anzuspannen, wird mit besonderem Vorteil das komprimierte Sprengpulver verwendet. In jedem Falle bedarf Sprengpulver eines festen, langen Besatzes, um eine kräftige Wirkung hervorzubringen.

112. — Explosionszersetzung. Als Zersetzungsgleichung des 75-prozentigen Schwarzpulvers findet man vielfach folgende Formel angegeben:

$$2\,KNO_3 + 3\,C + S = K_2S + N_2 + 3\,CO_2.$$

Richtiger ist folgende Formel:

$$20\,KNO_3 + 30\,C + 10\,S = 6\,K_2CO_3 + K_2SO_4 + 3\,K_2S_3 + \\ + 14\,CO_2 + 10\,CO + 10\,N_2.$$

Die Explosionserzeugnisse bestehen zu 56,4 % aus festen Rückständen (Rauch) und zu 43,6 % aus Gasen. (Vergl. Tabelle auf S. 167).

Schwarzpulver mit 70 oder 65 % Salpeter liefert auf gleiche Gewichtsmengen ein größeres Gasvolumen. Jedoch haben die Gase eine niedrigere Flammentemperatur, so daß trotzdem der Druck, den sie im Bohrloche ausüben können, geringer als beim 75prozentigen Pulver ist. Auch die frei werdende Wärmemenge ist weniger groß.

Ein weiterer, für die Praxis wichtiger Unterschied liegt darin, daß die erzeugten Kohlenoxydmengen mit abnehmendem Salpetergehalt wachsen.

Beim 65 prozentigen Pulver entsteht neben Stickstoff fast nur noch Kohlenoxyd.

113. — Sprengsalpeter, Natronsalpeterpulver, Petroklastit, Haloklastit. Unter diesen verschiedenen Namen gehen Pulversorten, bei denen der Kalisalpeter durch Natronsalpeter (Chilisalpeter) ersetzt ist. Der besondere Vorteil solcher Pulversorten liegt in der Billigkeit.

Wegen der hygroskopischen Eigenschaften des Natronsalpeters ist aber die Lagerfähigkeit des Pulvers im allgemeinen beschränkt. Dieser Nachteil tritt auf Kalisalzbergwerken nicht in die Erscheinung, da in ihnen die Luft infolge der lebhaften Feuchtigkeitsaufnahme gewisser Salze einen hohen Grad von Trockenheit besitzt. Der Kalisalzbergbau ist deshalb der Hauptabnehmer für Sprengsalpeter. Neuerdings gewinnen diese Pulver aber auch auf anderen Gruben an Verbreitung, nachdem man gelernt hat, den hygroskopischen Eigenschaften durch bessere Verpackung in Paraffinpapier und schnelleren Verbrauch zu begegnen.

Die Zusammensetzung ist wechselnd und der des Schwarzpulvers ähnlich. Statt der Holzkohle wird auch Braunkohlenstaub, Steinkohlenpech oder Lohmehl verwandt. Eine in Deutschland viel gebrauchte Zusammensetzung ist: 76 % Natronsalpeter, 10 % Schwefel und 14 % Kohle, Braunkohlenstaub oder Pech.

Das Petroklastit (Haloklastit) der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-A.-G. ist aus 69 % Chilisalpeter, 5 % Kalisalpeter, 10 % Schwefel, 1 % Kaliumbichromat und 15 % Steinkohlenpech zusammengesetzt.

Der Sprengsalpeter wird gekörnt (in der Regel unpoliert) oder komprimiert benutzt. Für härtere Salze benutzt man ihn gern in komprimiertem Zustande. Seine Farbe ist bräunlich-grau.

114. — Andere Pulversorten. Es gibt noch eine große Zahl anderer Pulversorten, bei denen in wechselnden Verhältnissen Kali- und Natronsalpeter zusammen benutzt sind oder bei denen Barytsalpeter, Ammonsalpeter oder chlorsaures Kali als Zusatz verwandt werden. Größere Bedeutung im Bergwerksbetriebe haben diese Pulver aber nicht erlangt.

b) Dynamite.

115. — Das Sprengöl. Der Hauptbestandteil der Dynamite ist das Sprengöl oder Trinitroglyzerin. Neuerdings benutzt man auch das Dinitroglyzerin und das Dinitrochlorhydrin.

Das gewöhnliche Sprengöl entsteht, wenn man ein Gemisch von Salpeter- und Schwefelsäure auf Glyzerin einwirken läßt, durch Ersetzung von 3 Atomen Wasserstoff durch 3 Nitrogruppen (daher der Name Trinitroglyzerin):

$$C_3H_8O_3 + 3\,HNO_3 = C_3H_5(NO_2)_3O_3 + 3\,H_2O.$$

Das Trinitroglyzerin ist eine bei gewöhnlicher Temperatur geruchlose, ölige Flüssigkeit von gelblicher Färbung. Der Geschmack ist süßlich, die Wirkung auf den Menschen stark giftig. Kopfschmerzen treten bereits auf, wenn das Sprengöl mit der Haut in Berührung kommt. Besonders durch die Schleimhäute, z. B. des Mundes, dringt das Öl leicht in

den Körper ein. Die Arbeiter, die täglich mit Sprengöl zu tun haben, gewöhnen sich meist bald an die Wirkungen des Giftes und bleiben später davon unbehelligt. Das Sprengöl ist fast unlöslich in Wasser, aber löslich in Alkohol, Äther, Holzgeist, Methylalkohol und Benzin. Bei 217° entzündet es sich. Bei + 11° gefriert es und taut nur langsam wieder auf. Das Trinitroglyzerin ist empfindlich gegen Stoß und Schlag und kommt hierdurch leicht zur Explosion. Das spezifische Gewicht ist 1,6.

Die Explosion des Sprengöls erfolgt nach folgender Formel:

$$2\, C_3H_5N_3O_9 = 6\, CO_2 + 5\, H_2O + 3\, N_2 + {}^1/_2\, O_2.$$

Neben den sonstigen Gasen entsteht also bei der Explosion auch freier Sauerstoff.

Da flüssige Sprengmittel besonders gefährlich sind — sie verlieren sich auf Gesteinsklüften oder werden verschüttet und kommen in unbeabsichtigter Weise zur Explosion — ist der unmittelbare Gebrauch des Sprengöls für Sprengzwecke verboten. Es darf nur in gebundenem Zustande benutzt werden, wobei es sich unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht vom Sprengstoff abscheiden soll. Tritt das Öl auch nur in Spuren aus, so ist der Sprengstoff verdächtig und besser nicht zu verwenden.

116. — Zusammensetzung der Dynamite im allgemeinen. Man unterscheidet Dynamite mit unwirksamer und solche mit wirksamer Beimischung.

Bei den Dynamiten mit unwirksamer Beimischung dient diese nur zum Aufsaugen des flüssigen Sprengöls, ist also allein dazu bestimmt, den Sprengstoff in eine handliche Form zu bringen. Die wirksamen Beimischungen saugen ebenfalls das Sprengöl auf, nehmen aber auch an der Explosion teil. Die Zusammensetzung des Zumischpulvers ist in der Regel so gewählt, daß der bei der Explosion des Sprengöls sich ergebende, überschüssige Sauerstoff Gelegenheit zur Verbindung mit oxydierbaren Stoffen findet. Die Beimischung bindet also nicht nur das Sprengöl, sondern trägt auch zur Erhöhung der Explosionskraft bei.

Dynamite mit unwirksamer Beimischung werden nur noch wenig gebraucht, da ihnen die neueren Dynamite mit wirksamer Beimischung in jeder Beziehung überlegen sind.

117. — Gurdynamit. Das Gurdynamit ist das bekannteste Dynamit mit unwirksamer Beimischung. Es besteht aus 75 % Trinitroglyzerin und 25 % Kieselgur, einer lockeren und sehr aufsaugefähigen Infusorienerde. Der Sprengstoff fühlt sich erdig an und macht einen mäßig feuchten Eindruck. Er wurde früher sehr viel gebraucht, bis er von den Dynamiten mit wirksamer Beimischung verdrängt wurde.

Das Gurdynamit ist gegen Nässe empfindlich, da Feuchtigkeit das Sprengöl austreten läßt. In nassen Bohrlöchern kann unter Umständen das ausgetretene Sprengöl in Klüften und Spalten so weit fortsickern, daß es später von der Explosion der Ladung nicht mehr gefaßt wird. Wenn nun beim Weiterarbeiten der Bohrer auf derartiges Nitroglyzerin stößt, sind unvermutete Explosionen nicht ausgeschlossen.

Gewöhnliche Dynamite mit wirksamer Beimengung.

118. — Bedeutung der Schießbaumwolle für die Dynamite. Ein außerordentlich geeignetes Bindemittel für Nitroglyzerin ist die Kollodium-

wolle, eine besondere Art der Schießbaumwolle. Letztere entsteht durch Einwirkung von Salpetersäure auf Baumwolle unter Bildung von Wasser nach folgender Formel:

$$C_{24}H_{40}O_{20} + n\,HNO_3 = C_{24}H_{40-n}O_{20}(NO_2)_n + n\,H_2O,$$

wobei n die Werte von 1—11 besitzen kann.

Die Schießbaumwolle hat äußerlich das Ansehen der Baumwolle beibehalten, ist jedoch etwas rauher und spröder und hat an spezifischem Gewichte zugenommen. Sie läßt sich ohne weiteres zu festen und dichten Sprengkörpern zusammenpressen, ist aber für die gewöhnliche bergmännische Sprengarbeit zu teuer. Gegen Stoß und Schlag ist Schießbaumwolle sehr empfindlich. Außer für die Sprengstoffbereitung wird sie als Zündsatz für elektrische Sprengkapseln und für die Herstellung von Zelluloid benutzt.

Die Kollodiumwolle ist nun eine Schießwolle mit 8—9 Nitrogruppen. Sie ist in Nitroglyzerin löslich und bildet mit diesem eine eigenartige, je nach dem Mischungsverhältnis verschieden steife Gelatine, aus der Öl nicht mehr ausfließt.

119. — Sprenggelatine. Die Sprenggelatine steht nach Kraft und Wirkung an der Spitze der Dynamite mit wirksamer Beimischung. Die Bestandteile sind 90—93 % Sprengöl und 7—10 % Kollodiumwolle, die in diesem Mischungsverhältnis eine durchscheinende, gummiartige, zähe und gelatinöse Masse von gelblich-brauner Färbung bilden.

Feuchtigkeit hat auf Sprenggelatine nur geringen Einfluß, so daß man dieselbe vorteilhaft in nassen Gruben und namentlich bei Sprengungen unter Wasser verwendet. Gegen Stoß, Schlag und Reibung ist sie verhältnismäßig unempfindlich. Die Lagerfähigkeit ist außerordentlich gut. Wegen der hohen Explosionsschnelligkeit (S. 166) und Kraftentwickelung (S. 170) ist sie für sehr festes und zähes Gestein besonders geeignet.

Zur Zündung der Sprengladung verwendet man Sprengkapseln von mindestens 0,8 g Ladung (No. 5), oder aber man setzt auf die Sprenggelatineladung eine Zünd- oder Schlagpatrone von Gelatine- oder Gurdynamit, die mit Kapsel No. 3 gezündet werden kann.

120. — Gelatinedynamit. Dieser Sprengstoff, der gewöhnlich allgemein mit Dynamit, in Österreich mit Dynamit I bezeichnet wird, besteht aus 65—85 % gelatiniertem Sprengöl und 35—15 % Zumischpulver. Die übliche Zusammensetzung ist:

62,50 % Trinitroglyzerin,
2,50 „ Kollodiumwolle,
25,50 „ Natronsalpeter,
8,75 „ Mehl,
0,75 „ kohlensaures Natron.

In seiner äußeren Erscheinung sieht das Gelatinedynamit gewöhnlichem Brotteig sehr ähnlich. Die Masse ist weniger zäh und elastisch als die Sprenggelatine. Das Gelatinedynamit verliert unter längerer Einwirkung von Wasser an Kraft, da das Wasser den Salpeter auflöst. Es geschieht dies jedoch so langsam, daß die Verwendbarkeit auch in nassen Bohrlöchern darunter nicht leidet. Die Ladedichte ist

etwa 1,6. Von sämtlichen Nitroglyzerinsprengstoffen sind das Gelatinedynamit und seine Abarten am beliebtesten. Die bequeme Handhabung, die gute Arbeitsleistung, die fast überall vorteilhafte Verwendbarkeit und die Billigkeit haben dem Gelatinedynamit mit Recht diese Vorzugsstellung verschafft.

In England heißt das Gelatinedynamit Gelignit.

Unter Dynamit II versteht man in Deutschland und Österreich Gelatinedynamit mit nur etwa 45 % gelatiniertem Sprengöl und 55 % Zumischpulver. Solche Dynamite sind billiger und haben eine weniger brisante Wirkung.

121. — Dynamite mit Ammonsalpeterzusatz. Besonders kräftige Sprengwirkungen werden durch Mischungen von gelatiniertem Sprengöl mit Ammonsalpeter erzielt. Die Rauchentwickelung ist bei ihnen im Vergleich zum Gelatinedynamit wie überhaupt zu Dynamiten mit Kali- oder Natronsalpeterzusatz sehr gering, weil die Explosion keinen festen Rückstand hinterläßt. Dagegen ist die Empfindlichkeit gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit größer, da Ammonsalpeter noch hygroskopischer als Natronsalpeter ist.

Hierher gehören z. B. die Sprengstoffe: Ammonsprenggelatine (40—50 % gelatiniertes Sprengöl, 46—55 % Ammonsalpeter, 3,5—5 % getrocknetes Mehl, $^1/_2$ % Soda) und das plastische Dynammon (45 % Sprengöl, 47,2 % Ammonsalpeter, 7,8 % Rotkohle).

122. — Gefrierbarkeit der gewöhnlichen Dynamite. Der Hauptübelstand aller bisher besprochenen Dynamite ist die leichte Gefrierbarkeit. Die Temperatur, bei der das Festwerden eintritt, ist nicht für alle Arten des Dynamits die gleiche. Bei Temperaturen unter $+ 11^0$ ist aber das Gefrieren nicht ausgeschlossen, bei $+ 8^0$ schreitet es schon ziemlich schnell fort. Gefrorenes Dynamit geht im Bohrloche im allgemeinen schwer los, so daß öfters unexplodierte Patronen im Loche zurückbleiben oder ins Haufwerk geraten. In jedem Falle sind bei Verwendung gefrorenen Dynamits schlechte Sprengwirkung, schädliche Nachschwaden und Neigung der Schüsse zum Auskochen zu befürchten. Anderseits ist die Handhabung des gefrorenen Dynamits gefährlich, weil gerade wegen der Starrheit und Unnachgiebigkeit der Patronen bei Stoß, Schlag oder Reibung die Wirkung sich auf einen einzigen Punkt vereinigt. Wegen dieses Verhaltens ist das Auftauen gefrorenen Dynamits vor dem Gebrauche vorgeschrieben.

Das Verfahren des Auftauens ist zeitraubend, umständlich und setzt besondere Vorrichtungen voraus, die nicht überall vorhanden sind. Es gibt überdies alljährlich zu Verunglückungen Anlaß. In jedem Falle soll man beim Auftauen die größte Vorsicht walten lassen. Niemals sind gefrorene Patronen an sehr warme Orte, z. B. in die unmittelbare Nähe von Öfen, Dampfleitungen oder Feuer zu bringen. Auch dürfen sie nicht geschnitten oder gebrochen werden, da gefrorenes Dynamit unberechenbar ist.

Am besten ist es, genügend warme Lager zu benutzen, um so das Dynamit vor dem Gefrieren zu schützen oder ihm, falls es gefroren angeliefert wird, Zeit zum allmählichen Auftauen zu lassen. Unterirdische Magazine pflegen die hierfür erforderliche Temperatur zu besitzen. Wo das künstliche Auftauen der einzelnen Patronen nicht zu vermeiden ist,

geschieht es am sichersten und schnellsten in wasserdichten Blechbüchsen, die in mäßig warmes Wasser gesetzt werden. Würde man gefrorene Patronen unmittelbar in warmes Wasser eintauchen, so würde das gefährliche Sprengöl teilweise austreten, sich am Boden des Wasserbehälters ansammeln und zu Verunglückungen Anlaß geben können.

Leider ist es kaum zu vermeiden, daß der Arbeiter unter Umständen gefrorene Patronen in die Hand bekommt. In den einzelnen Patronenpaketen ist häufig die äußere Patronenlage weich, während sich in der Mitte des Pakets noch ganz oder teilweise gefrorene Patronen befinden.

Die mit der leichten Gefrierbarkeit des Dynamits verbundenen Gefahren haben alljährlich eine Anzahl von Verunglückungen im Gefolge. Das Drängen der Behörden nach der Einführung ungefrierbarer, brisanter Sprengstoffe ist deshalb ebenso berechtigt wie das fortgesetzte Bemühen der Sprengtechnik, vollwertige, ungefrierbare Dynamite zu finden, erklärlich.

Ungefrierbare Dynamite mit wirksamer Beimengung.

123. — **Nitrobenzol oder Nitrotoluol als Zusatz.** Bis zu einem gewissen Grade wird die Gefrierbarkeit durch Zusatzmittel wie Nitrobenzol oder Nitrotoluol herabgesetzt. Man wirft allerdings diesen Sprengstoffen vor, daß bei größeren Kältegraden eine Entmischung eintritt[1]) und das Nitroglyzerin aus der Lösung ausgefriert.

124. — **Dinitrochlorhydrindynamite.** Besser als gefrierverhindernder Zusatz hat sich das Dinitrochlorhydrin [$C_3H_5O_2(NO_2)_2Cl$] bewährt, das durch Nitrierung von chloriertem Glyzerin gewonnen wird. Auch Dinitrochlorhydrin gelatiniert mit Kollodiumwolle und verhält sich im übrigen ähnlich wie das Trinitroglyzerin, nur daß es gegen Stoß, Schlag und Reibung unempfindlicher ist. Bei der Explosion bildet sich infolge des Chlorgehaltes etwas Salzsäure, die von den sonst im Sprengstoffe als Nitraten oder Karbonaten enthaltenen Alkalien im Augenblicke der Explosion gebunden werden muß. Hierauf ist in der Zusammensetzung der Sprengstoffe Rücksicht zu nehmen. Sprengstoffe mit 30 % Dinitrochlorhydrinzusatz im Nitroglyzerin sind für europäische Wintertemperaturen als praktisch ungefrierbar zu betrachten.

Ein ungefrierbares Gelatinedynamit, wie es von der Dynamit-A.-G. vorm. A. Nobel zu Schlebusch hergestellt wird, ist wie folgt zusammengesetzt:

50,40 %	Trinitroglyzerin,
12,60 „	Dinitrochlorhydrin,
2,00 „	Kollodiumwolle,
26,25 „	Natronsalpeter,
8,75 „	Holzmehl.

Sprengwirkung und Nachschwaden entsprechen etwa denjenigen des Gelatinedynamits.

Bei dem Hydrindynamit der Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-A.-G. zu Berlin ist zur Erzielung der Ungefrierbarkeit Dinitrochlorhydrin gänzlich an Stelle des Trinitroglyzerins gesetzt worden.

[1]) Hupfer, „Dinitromonochlorhydrin". Bergbau 1907, No. 43, S. 9.

125. — Dinitroglyzerindynamite. Andere ungefrierbare Dynamite beruhen auf dem Dinitroglyzerin als Hauptbestandteil. Das Dinitroglyzerin enthält nur 2 Nitrogruppen, so daß seine chemische Formel

$$C_3H_6O_3(NO_2)_2$$

lautet. Es wird durch Nitrierung des Glyzerins mit Salpetersäure allein gewonnen. Das Dinitroglyzerin erstarrt erst bei etwa — 50° C., so daß ein Gefrieren der Patronen überhaupt nicht zu befürchten ist. Es ist gegen Stoß, Schlag und Reibung unempfindlicher als Trinitroglyzerin. Es gelatiniert mit Kollodiumwolle leicht und vollständig und führt im Gegensatze zu Dinitrochlorhydrin keine Salzsäure in den Nachschwaden. Gegenüber dem Trinitroglyzerin besitzt es allerdings eine etwas geringere Sprengkraft.

Dinitroglyzerinsprengstoffe werden von der Castroper Sicherheitssprengstoff-A.-G. zu Dortmund auf der Fabrik in Rummenohl gefertigt. Derartige Sprengstoffe mit dynamitähnlichen Eigenschaften sind die Tremonite mit etwa folgenden Zusammensetzungen: 41 % gelatiniertes Dinitroglyzerin, 4 % Holzmehl und 55 % Kalisalpeter oder 62 % gelatiniertes Dinitroglyzerin, 10 % Holzmehl und 28 % Kalisalpeter. Die endgültigen Namen für diese Sprengstoffe liegen noch nicht fest. In Aussicht genommen sind die Bezeichnungen Dinitrit und Diolit.

c) Sicherheitssprengstoffe.[1])

1. Allgemeines.

126. — Vorbemerkungen. Wenn auch an schlagwetter- oder kohlenstaubgefährlichen Punkten überhaupt nicht geschossen werden soll, so muß man doch auf allen Steinkohlengruben mit dieser Gefahr bei Ausübung der Sprengarbeit trotz aller Vorsichtsmaßnahmen mehr oder weniger rechnen. Durch Schwarzpulver und Dynamit werden Schlagwettergemische überaus leicht zur Entzündung gebracht. Es genügen hierfür Bruchteile eines Grammes Schwarzpulver und wenige Gramm Dynamit, wenn sie unbesetzt im Bohrloche oder gar freiliegend explodieren. Auch Kohlenstaubaufwirbelungen ohne jede Schlagwetterbeimengung werden in den Versuchsstrecken bei unbesetzten Schüssen durch Ladungen von 70—80 g Schwarzpulver oder Dynamit mit Sicherheit gezündet.

Der übliche Besatz über der Schußladung erhöht zwar die Sicherheit beträchtlich, namentlich bei dem Dynamit und ähnlich brisanten Sprengmitteln. Bei diesen verläuft unter der deckenden Hülle des Besatzes die Explosion so schnell, daß eine Zündung der Schlagwetter nach außen hin erschwert wird. Immerhin hat die Praxis gelehrt, daß auch Dynamit trotz Verwendung von Besatz nicht als schlagwettersicher anzusehen ist. Fälle, bei denen durch vorschriftsmäßigen Gebrauch des Dynamits Schlagwetter oder Kohlenstaub in der Grube gezündet wurden, sind leider in reichlicher Anzahl bekannt geworden.

127. — Anwendung nassen oder feuchten Besatzes. Andere Vorsichtsmaßnahmen führten auch nicht zu einem durchschlagenden Erfolge:

[1]) Die Bekämpfung der Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr im allgemeinen wird im Abschnitt „Grubenbewetterung" besprochen.

Von dem Engländer Macnab stammt der Vorschlag, das Austreten der Explosionsflamme nach außen durch Wasserbesatz, der in Form einer Patrone auf die Ladung gebracht wird, zu verhindern. Ähnlich wirkt die von Galloway vorgeschlagene Verwendung eines nassen Moosbesatzes. Settle schlug vor, die Sprengpatrone ganz und gar in einem weiteren Wassersacke unterzubringen und in diesem gegen seitliche und achsiale Verschiebungen zu sichern, so daß sie ringsum von Wasser umgeben ist. Der Gebrauch der Settleschen Patronen blieb jedoch wegen der Umständlichkeit der Herstellung ziemlich beschränkt.

Was den Wasserbesatz angeht, so scheint er bei Schwarzpulver keine genügend sichernde Wirkung zu haben. Dieses explodiert nämlich zu langsam und brennt noch fort, nachdem das Wasser schon herausgeschleudert ist. Dagegen dürften Dynamitschüsse mit einem sachgemäß und gut ausgeführten Wasserbesatz in sicherheitlicher Beziehung zu Bedenken keinen Anlaß geben. Jedoch liegt in dem Umstande Gefahr, daß die Sicherheit von der ordentlichen Ausführung und von der Zuverlässigkeit und Sorgfalt des Bergmanns abhängt. Da der Wasserbesatz fast stets mehr Arbeit und größere Mühe als der gewöhnliche Lettenbesatz verursacht, ist nicht immer auf die nötige Sorgfalt zu rechnen.

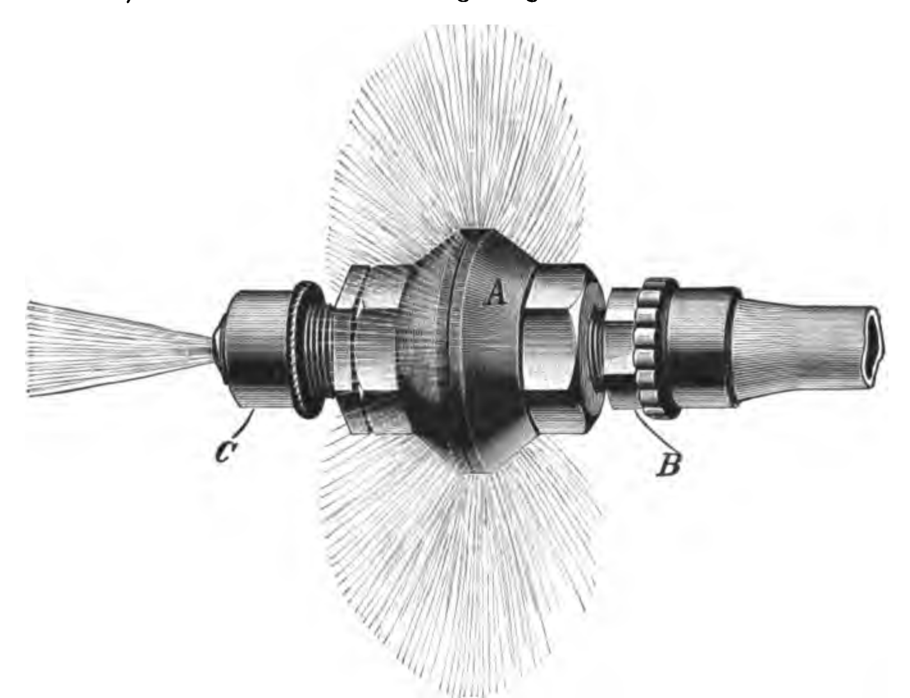


Fig. 199. Wasserschleier nach G. A. Meyer.

128. — Wasserbrause und Wasserschleier. Eine andere Anwendung des Wassers zur Erhöhung der Sicherheit bei der Schießarbeit wurde von der Zeche Shamrock I/II bei Herne mit gutem Erfolge durch-

geführt. Vor Abtun des Schusses wurde in einiger Entfernung vom Ortsstoße eine Wasserbrause gegen denselben gerichtet, so daß die Strecke während des Schusses unter einem Wassersprühregen stand. Das Verfahren wurde durch den Bergwerksdirektor G. A. Meyer dahin ausgestaltet, daß man das Wasser mittels eigenartiger Brausen[1]) (Figuren 199 und 200) nicht allein in einem Strahle, sondern auch in einem die Strecke völlig abschließenden Wasserschleier austreten läßt. Fig. 200 zeigt die leicht verständliche, innere Einrichtung des Schleiererzeugers.

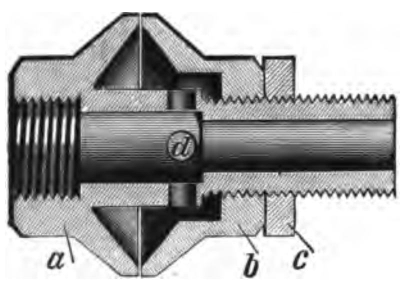


Fig. 200. Meyerscher Schleiererzeuger im Schnitt.

Sachgemäß ausgeführt, wird das Verfahren zweifellos außerordentlich sichernd wirken. Es setzt aber auch wieder eine zuverlässige Ausführung und außerdem das Vorhandensein einer Druckwasserleitung voraus.

Sicherheitssprengstoffe, die ohne besondere Vorkehrungen eine erhöhte Schlagwettersicherheit besitzen, verdienen deshalb vom sicherheitlichen Standpunkte aus den Vorzug. Das Verlangen nach solchen Sprengstoffen wurde um so dringender, je mehr der Steinkohlenbergbau in die Tiefe drang und die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr wuchs. Die ersten sog. Sicherheitssprengstoffe sind 1888 auf dem Markt erschienen.

129. — **Begriff des Sicherheitssprengstoffs.** Eine bestimmte Umgrenzung des Begriffs „Sicherheitssprengstoff" gibt es freilich nicht und kann es nicht geben, weil kein Sprengstoff beim Gebrauche völlige Sicherheit gegenüber Schlagwettern und Kohlenstaub bietet. Unter Sicherheitssprengstoffen versteht man solche Sprengmittel, die im Verhältnis zu Schwarzpulver und Dynamit eine wesentlich erhöhte Sicherheit gegenüber der Schlagwetter- und der Kohlenstaubgefahr besitzen. Wo man die Grenze zu ziehen hat, ist zweifelhaft. Tatsächlich ist sie zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Ländern sehr verschieden gezogen worden.

130. — **Ursachen der Schlagwettersicherheit.** Die Schlagwettersicherheit der Sprengstoffe hängt in erster Linie von der Explosionstemperatur, sodann aber auch von der Explosionsschnelligkeit, dem Druck der Gase am Explosionsorte, der Flammendauer, der Zusammensetzung der Explosionsschwaden und wahrscheinlich noch von weiteren Umständen ab.

131. — **Erprobung der Schlagwettersicherheit.** Die Sicherheit kann nur nach dem praktischen Versuche, niemals aus der Rechnung allein, wie dies die französische Bergverwaltung lange Zeit getan hat, beurteilt werden. Die Erprobung erfolgt in über Tage angelegten Versuchsstrecken, die unterirdischen Grubenstrecken nachgebildet sind. In ihnen wird das Verhalten ausblasender Schüsse gegenüber Schlagwettergemischen und Kohlenstaubaufwirbelungen beobachtet. Je größer die

[1]) Hergestellt von der Armaturenfabrik Westfalia-Gelsenkirchen.

nicht mehr zündende, also noch sichere Ladungsmenge, die sog. Grenzladung, des Sprengstoffs ist, um so höher ist seine Schlagwettersicherheit einzuschätzen. Die in Preußen als Sicherheitssprengstoffe anerkannten Sprengstoffe pflegen als ausblasende Schüsse in Ladungsmengen von mindestens 200—300 g noch sicher zu sein. Einzelne Sprengstoffe besitzen aber auch Grenzladungen von 1000 g und darüber.

132. — Vergleich der Ergebnisse in den Versuchsstrecken mit der Praxis. Eine wichtige Frage ist, ob die in der Versuchsstrecke ohne Besatz aus dem Bohrloche eines Schießmörsers abgetanen Probeschüsse für gefährlicher oder sicherer als die Sprengschüsse in der Grube zu erachten sind. Der unbesetzt aus dem Schießmörser abgegebene Schuß verrichtet nur eine geringe Arbeit, und die Explosionsgase brechen ohne die schützende Hülle des Besatzes fast mit ihrer Anfangstemperatur in das Schlagwettergemisch herein. Man sollte deshalb annehmen, daß die Sprengarbeit in der Grube weit weniger gefährlich als ein derartiger Schießversuch in der Versuchsstrecke ist. Es dürfte auch kein Bedenken vorliegen, die Richtigkeit dieser Schlußfolgerung für die weitaus größte Mehrzahl aller Sprengschüsse in der Grube zuzugeben. Es kommt aber darauf an, daß die Sicherheit der Sprengarbeit nicht allein für die gewöhnlichen, regelmäßigen Fälle, sondern auch für ausnahmsweise gefährliche Verhältnisse genügt. Die letzteren abzuschätzen und mit den Bedingungen der Versuchsstrecke in einen Vergleich zu stellen, dürfte unmöglich sein. Der Sprengschuß in der Grube kann derart überladen und in solcher Richtung angesetzt sein, daß er als Ausbläser wirken muß. Wenn dann der Besatz unzureichend ist oder aus trockenem Kohlenstaub besteht oder die Sprengladung gar das Bohrloch nahezu bis zur Mündung erfüllt, so ist es leicht möglich, daß ein solcher Schuß in nichts an Gefährlichkeit einem ausblasenden Schusse in der Versuchsstrecke nachsteht. In Rücksicht zu ziehen sind ferner außergewöhnlich ungünstige örtliche Verhältnisse, z. B., daß unbeachtete Ablösungen durch das Gestein laufen können, so daß dieses fast ohne Kraftabgabe der Explosionsgase nachgibt und den explodierenden Sprengstoff sozusagen bloßlegt. Ähnlich liegen die Bedingungen, wenn von mehreren Schüssen der erste teilweise oder ganz die Vorgabe des zweiten wirft. Alsdann kann der Schuß sogar ähnlich gefährlich wie eine freiliegende Sprengladung wirken.

Man darf also nicht annehmen, daß die auf einer Versuchsstrecke bei gewissen Bedingungen ermittelten Sicherheitsgrenzen eines Sprengstoffs nun etwa auch für den praktischen Grubenbetrieb unmittelbare Bedeutung haben. Es erscheint vielmehr ganz unmöglich, die in der Praxis vorkommenden Verhältnisse, die nach Art des Gesteins, der Kohle, des Auftretens der Schlagwetter und des Kohlenstaubes, des Besatzes, der Vorgabe, der räumlichen Ausdehnung des Arbeitspunktes usw. so überaus verschieden sind, mit irgendwelchen künstlich herzustellenden Versuchsbedingungen zu vergleichen. Die Arbeit in der Versuchsstrecke kann lediglich Vergleichswerte zur Beurteilung der verschiedenen Sicherheit der Sprengstoffe schaffen.

Nur so viel läßt sich sagen, daß Sicherheitssprengstoffe, die in den Versuchsstrecken bei unbesetzten Schüssen mit 600—800 g Ladung sich

als schlagwettersicher gezeigt haben, auch in der Praxis eine hochgradige Sicherheit besitzen. Dagegen sind Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen durch Sprengstoffe, die in den Versuchsstrecken mit 200—300 g sicher waren, in einzelnen, seltenen Fällen festgestellt worden.

Zur Beschränkung der Schlagwettergefahr bei der Sprengarbeit ist es daher richtig und zweckmäßig, eine Begrenzung des Höchstgewichtes der zulässigen Ladungsmengen und eine Mindestlänge des Besatzes vorzuschreiben, was durch behördliche Anordnungen oder durch Maßnahmen der Grubenverwaltung selbst geschehen kann.

2. Einzelbesprechung.

133. — Einteilung. Die Einzelbesprechung der Sicherheitssprengstoffe erfolgt zweckmäßig in zwei zusammenfassenden Gruppen, nämlich in derjenigen:

1. der Ammonsalpetersprengstoffe,
2. der Karbonite und wettersicheren Gelatinedynamite.

Ammonsalpetersprengstoffe.

134. — Allgemeines und Zusammensetzung. Die Ammonsalpetersprengstoffe werden nicht etwa ausschließlich für Schlagwettergruben, sondern auch in Erz- und Salzgruben, in Steinbrüchen und Tongruben viel benutzt. Die Gruppe hat eine Reihe charakteristischer Eigentümlichkeiten, die vorweg genommen werden können, um sie nicht bei jedem einzelnen Sprengstoffe wiederholen zu müssen.

Die Ammonsalpetersprengstoffe bestehen in der Hauptsache (zu 70 bis 95 %) aus Ammonsalpeter, dem brennbare oder explosible Bestandteile zugemischt sind. Häufig führen sie außerdem noch geringere Beimengungen anderer Salpeterarten oder gewisser Salze, die auf Erhöhung der Schlagwettersicherheit durch Kühlung der Flammentemperatur hinwirken sollen.

Der Ammonsalpeter selbst ist ein explosibler Körper und zerfällt in der Explosion nach folgender Formel:

$$N_2H_4O_3 = N_2 + 2\,H_2O + {}^1/_2\,O_2.$$

Wie man sieht, liefert Ammonsalpeter in den Nachschwaden außer Stickstoff und Wasserdampf freien Sauerstoff, so daß er an und für sich ein Sprengstoff mit den denkbar günstigsten Nachschwaden wäre. Die Explosionsfähigkeit des reinen Ammonsalpeters ist aber nicht groß genug, um ihn allein als Sprengstoff benutzen zu können. Auch würde die bei der Explosion entwickelte Kraft zu gering sein.

Die zur Erhöhung der Explosionsfähigkeit und Arbeitsleistung dem Ammonsalpeter zugesetzten Bestandteile sind entweder nur einfach brennbar (Naphthalin, Harz, Öl, verseifte Fette, Mehl usw.) oder sind selbst Sprengstoffe (Trinitroglyzerin, Dinitroglyzerin, Schießbaumwolle, Trinitrotoluol, Binitrobenzol, Nitronaphthalin u. a. m.).

Wenn es sich um brennbare Zumischungen handelt, so hält sich der Prozentsatz dieser Bestandteile in verhältnismäßig engen Grenzen, da schon wenige Prozente genügen, um den verfügbaren Sauerstoff zu binden. Besteht der Zusatz selbst aus Sprengstoffen (z. B. Nitroglyzerin), so kann er beliebig hoch werden, da ja dann die Beimischung selbst ihren

Sauerstoffvorrat mitbringt. Sprengstoffe mit beispielsweise 50 % Ammonsalpeter und 50 % Nitroglyzerin würde man schon richtiger zu den Dynamiten zählen.

135. — Eigenschaften. In den Nachschwaden der Ammonsalpetersprengstoffe herrscht, wie aus der Zersetzungsgleichung des Ammonsalpeters und aus der Zusammenstellung auf S. 167 hervorgeht, stets der Wasserdampf vor. Es ist dies eine für die Praxis günstige Eigenschaft, da scheinbar wegen der alsbaldigen Kondensation des Wasserdampfes die Menge der Nachschwaden gering ist und man bald wieder den Arbeitsort betreten kann. Auch sonst besitzen die Ammonsalpetersprengstoffe mancherlei angenehme Eigenschaften. Sie sind gegen Stoß und Schlag unempfindlich, so daß sie im Gebrauche und Verkehr ungefährlich sind und wegen ihrer Handhabungssicherheit auf der Eisenbahn als Stückgut zugelassen werden. Dieser Umstand hat besonders zu ihrer schnellen Verbreitung in Steinbruchbetrieben und sonstigen Verbrauchsstellen mit geringem Bedarf beigetragen. Ins Feuer geworfen, brennen Ammonsalpetersprengstoffe anscheinend nur widerwillig und in der Regel nur so lange, als sie unmittelbar mit einer äußeren Flamme in Berührung stehen. Etwa im Haufwerk unexplodiert gebliebene Patronen werden also, wenn sie keine Sprengkapsel enthalten, weder durch den Stoß eines Gezähes noch später im Feuer, wohin sie mit der Kohle geraten könnten, Unheil anzurichten vermögen. Die Ammonsalpetersprengstoffe gefrieren schließlich nicht, soweit sie ohne Trinitroglyzerin hergestellt sind, und sind auch bei größter Kälte unmittelbar brauchbar.

Diese Vorzüge haben den Ammonsalpetersprengstoffen eine große Verbreitung verschafft.

Als Nachteil ist die hygroskopische Natur aller Ammonsalpetersprengstoffe hervorzuheben. Die Sprengstoffe müssen deshalb besonders gut verpackt sein und dürfen nicht allzulange in der Grube lagern. Andernfalls nehmen sie Feuchtigkeit an und verlieren ihre Explosionsfähigkeit. In Kalisalzgruben ist wegen der dort herrschenden Trockenheit der Luft die Lagerung unbedenklich. Auch die an sich vorteilhafte, geringe Empfindlichkeit ist insofern ein Nachteil, als sehr starke Sprengkapseln zur Zündung benutzt werden müssen, da diese Kapseln teuer sind und selbst eine Gefahrenquelle bilden Die Kraft der Ammonsalpetersprengstoffe ist je nach der Zusammensetzung verschieden, erreicht aber diejenige des Gelatinedynamits nicht, zumal auch die Ladedichte nur 0,8—0,9 ist. Die Schlagwettersicherheit ist geringer als bei den Karboniten.

136. — Aufzählung. Die Ammonsalpetersprengstoffe sind in unzähligen, verschiedenen Zusammensetzungen vorgeschlagen und versucht worden. Die bekannteren sind, soweit sie zurzeit in Deutschland gebraucht werden, in der folgenden Übersicht, zum Teil unter Angabe ihrer Schlagwettersicherheit, aufgeführt:

Ammonsalpetersprengstoffe.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Dahmenit A.	Castroper Sicherheitssprengstoff-A.-G. zu Dortmund.	91,300 % Ammonsalpeter, 6,475 „ Naphthalin, 2,225 „ Kaliumbichromat,	Safrangelbes, etwas zusammenbackendes Pulver. Der Sprengstoff ist am starken Naphthalingeruch kenntlich. Grenzladung[1]) 350 g.
Gesteinsdahmenit.	Desgl.	84,500 % Ammonsalpeter, 1,000 „ Dinitrobenzol, 12,000 „ Kurkuma, 2,500 „ Kaliumbichromat.	Grenzladung[1]) 350 g.
Gesteinsdahmenit No. 76.	Desgl.	71,500 % Ammonsalpeter, 12,000 „ Trinitrotoluol, 6,250 „ Kurkuma, 0,500 „ Kaliumbichromat, 4,430 „ Salmiak, 5,320 „ Natriumoxalat.	[2])
Gesteinsdahmenit Sachsen	Desgl.	80,000 % Ammonsalpeter, 17,000 „ Trinitrotoluol, 3,000 „ Kurkuma.	[2])
Gekörntes Dahmenit A (Viktoriapulver).	Desgl.	Zusammensetzung wie Dahmenit A	Wird bei hohem Druck (bis zu 400 Atmosphären) zu Kuchen gepreßt, durch Brechen gekörnt und abgesiebt. Je höher der angewandte Druck, desto größer ist die Schlagwettersicherheit. Grenzladung[1]) 350 g.
Astralit.	Dynamit-A.-G. vorm. Alfred Nobel, Hamburg.	81,000 % Ammonsalpeter, 11,000 „ Trinitrotoluol, 1,000 „ Paraffinöl, 2,000 „ Mehl, 1,000 „ Kohle, 4,000 „ Nitroglyzerin.	Gelblich-graues Pulver. Gilt nicht als Sicherheitssprengstoff.

Fulmenit.	Dynamit-A.-G. vorm. Alfred Nobel, Hamburg.	82,500 % Ammonsalpeter, 11,000 „ Trinitrotoluol, 1,500 „ Kohle, 1,000 „ Paraffinöl, 4,000 „ Schießbaumwolle.	Graues, trockenes Pulver. Gilt nicht als Sicherheitssprengstoff.
Wetterastralit.	Desgl.	74,500 % Ammonsalpeter, 10,000 „ Kochsalz, 7,000 „ Trinitrotoluol, 2,500 „ Paraffinöl, 1,000 „ Kohle, 1,000 „ Holzmehl, 4,000 „ Nitroglyzerin.	Gelblich-graues Pulver.[2])
Wetterfulmenit.	Desgl.	76,500 % Ammonsalpeter, 10,000 „ Kochsalz, 5,500 „ Trinitrotoluol, 1,500 „ Kohle, 2,500 „ Paraffinöl, 4,000 „ Schießbaumwolle	Graues, trockenes Pulver.[2])
Ammonnobelit.	Desgl.	86,000 % Ammonsalpeter, 2,000 „ Kochsalz, 4,000 „ Ammonoxalat, 4,000 „ Nitroglyzerin, 4,000 „ Mehl.	Weißes Pulver.[2])
Chromammonit.	Köln-Rottweiler Pulverfabriken zu Köln.	63,250 % Ammonsalpeter, 17,500 „ Kalisalpeter, 9,500 „ Chromammoniakalaun, 9,250 „ Kollodiumwolle, 0,500 „ Vaselin.	[2])

[1]) Die Grenzladung ist die unter den Bedingungen der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Gelsenkirchen die Schlagwetter nicht zündende Höchstladung (siehe Ziff. 131) nach den Angaben des Sammelwerks Bd. VII, S. 483 ff.

[2]) In der Zusammenstellung des Sammelwerks nicht enthalten.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Chromammonit I für Gestein.	Köln-Rottweiler Pulverfabriken zu Köln.	78,000 % Ammonsalpeter, 17,000 „ Trinitrotoluol, 2,500 „ Chromammoniakalaun, 2,000 „ Kalisalpeter, 0,500 „ Vaselin.	Gilt nicht als Sicherheitssprengstoff.
Chromammonit II für Gestein.	Desgl.	80,000 % Ammonsalpeter, 16,000 „ Kollodiumwolle, 2,000 „ Chromammoniakalaun, 1,000 „ Kalisalpeter, 1,000 „ Vaselin.	Desgl.
Ammonfördit.	Siegener Dynamitfabrik, A.-G. zu Köln.	85,000 % Ammonsalpeter, 4,000 „ gelatiniertes Sprengöl, 4,000 „ Mehl, 2,000 „ Glyzerin, 1,000 „ Dyphenylamin, 4,000 „ Chlorkalium.	[2])
Ammonkarbonit.	Sprengstoff-A.-G. Karbonit zu Schlebusch.	82,000 % Ammonsalpeter, 10,000 „ Kalisalpeter, 4,000 „ Mehl, 4,000 „ gelatiniertes Sprengöl.	Grenzladung[1]) 550 g.
Ammonkarbonit I.	Desgl.	75,500 % Ammonsalpeter, 9,500 „ Kalisalpeter, 10,500 „ Mehl, 0,500 „ Ruß, 4,000 „ Trinitroglyzerin.	Grenzladung[1]) 350 g.
Donarit.	Desgl.	80,000 % Ammonsalpeter, 12,000 „ Trinitrotoluol, 4,000 „ Mehl, 4,000 „ gelatiniertes Sprengöl.	Ist kein schlagwettersicherer Sprengstoff.

Westfalit für Kohle.	Westf.-Anhalt. Sprengstoff-A.-G. zu Berlin.	91,000 % Ammonsalpeter, 4,000 „ Kalisalpeter, 5,000 „ Harz.	Hat bei den im Sammelwerk aufgeführten Versuchen mit 50 g Ladung die Schlagwetter gezündet, hat sich aber früher als sicherer erwiesen.
Gesteinswestfalit.	Desgl.	84,500 % Ammonsalpeter, 12,000 „ Dinitrotoluol, 3,500 „ Aluminiumpulver.	Ist kein Sicherheitssprengstoff, sondern ein brisanter, für Gestein geeigneter Sprengstoff.
Neu-Westfalit.	Desgl.	70,300 % Ammonsalpeter, 10,890 „ Dinitrotoluol, 1,980 „ Baumwollensaatmehl, 16,830 „ Kochsalz.	[2])
Salit.	Desgl.	53,630 % Ammonsalpeter, 12,310 „ gelatiniertes Sprengöl, 8,460 „ Dinitrotoluol, 2,520 „ Dextrin, 23,080 „ Kochsalz.	Halbgelatinöser, pulveriger Sicherheitssprengstoff. [2])
Kohlensalit.	Desgl.	41,000 % Ammonsalpeter, 12,500 „ gelatiniertes Sprengöl, 7,000 „ Dinitrotoluol, 2,500 „ Roggenmehl, 37,000 „ Kochsalz.	Halbgelatinöser, bröckliger Sicherheitssprengstoff. [2])

Siehe Anmerkungen [1]) und [2]) S. 185.

Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite.

137. — Zusammensetzung und Eigenschaften. Die Karbonite sind im wesentlichen Gemenge von etwa 25—30 % Trinitroglyzerin und je 25—40 % Mehl und Kali- oder Natronsalpeter. Die wettersicheren Gelatinedynamite weisen ähnliche Zusammensetzungen auf; jedoch ist der Kali- und Natronsalpeter zum Teil durch Ammonsalpeter ersetzt, wodurch die Sprengstoffe brisantere und dynamitähnliche Wirkungen erhalten.

Alle diese Sprengstoffe sind den Gelatinedynamiten ähnlich; nur ist der Gehalt an Zumischpulver auf Kosten des Sprengöls stark vermehrt. Das Mehl oder der sonst benutzte Kohlenstoffträger ist in den Sprengstoffen in so starkem Überschusse vorhanden, daß der verfügbare Sauerstoff für die Verbrennung des vorhandenen Kohlenstoffs zu Kohlensäure nicht ausreicht. Die Nachschwaden enthalten deshalb nicht unerhebliche Mengen Kohlenoxyd (S. 167) und sind in der Regel brennbar.

Obwohl die Ladedichte höher als bei den Ammonsalpetersprengstoffen liegt und zwischen 1,0 und 1,15 schwankt, sind die Karbonite für zähes, festes Gestein weniger geeignet und in dieser Beziehung den Ammonsalpetersprengstoffen unterlegen. Dagegen besitzen sie eine sehr hohe Schlagwettersicherheit. Bei den wettersicheren Gelatinedynamiten ist die Sprengkraft größer, aber die Schlagwettersicherheit geringer. Die Lagerfähigkeit der Sprengstoffe ist gut. Zur sicheren Zündung muß man Sprengkapseln No. 5 oder 6 benutzen. Die Karbonite gefrieren infolge ihres Sprengölgehaltes bei einer unter 11° C. liegenden Temperatur. Die mit Dinitrochlorhydrin oder Dinitroglyzerin hergestellten Sprengstoffe (siehe Ziff. 124 und 125, S. 177 und 178) besitzen diesen Übelstand nicht.

138. — Aufzählung. Die Tabelle S. 190—194 gibt einen Überblick über diese Sprengmittel und zum Teil über ihre Schlagwettersicherheit.

d) Sonstige Sprengmittel.

139. — Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe. Kaliumchlorat ($KClO_3$) ist ebenso wie das Kaliumperchlorat ($KClO_4$) ein billiger Sauerstoffträger und in dieser Beziehung für die Sprengstoffbereitung gut geeignet. Es sind aber früher verschiedene, unaufgeklärte Explosionen von Kaliumchloratsprengstoffen und auch von Kaliumchlorat allein vorgekommen, so daß ein Mißtrauen gegen die Beständigkeit solcher Sprengstoffe bestanden hat und zum Teil noch besteht. Das Gleiche ist, wenn auch in geringerem Grade, gegenüber den Perchloratsprengstoffen der Fall. Man glaubt allerdings jetzt den Übelstand der Zersetzbarkeit durch völlig reine Herstellung des Materials behoben zu haben, so daß es nicht unmöglich scheint, daß diese Sprengstoffe weitere Verbreitung gewinnen. Sie werden mittels Sprengkapseln No. 7 oder 8 zur Explosion gebracht.

In Deutschland sind bisher auf dem Markte erschienen: Cheddit, ein Gemisch von fein gepulvertem, chlorsaurem Kali und einer öligen Substanz und die in der Übersicht auf S. 194 aufgeführten 3 Sprengstoffe.

140. — Knallquecksilber. Das Knallquecksilber ist für die Sprengkapselfabrikation von Bedeutung. Es wird aus einer Lösung von Quecksilber in Salpetersäure durch Behandlung mit Alkohol hergestellt. Die

chemische Zusammensetzung und die Zersetzungsgleichung wird wie folgt augenommen:

$$HgC_2N_2O_2 = Hg + 2\,CO + N_2.$$

Knallquecksilber explodiert, wenn es auf 186° erhitzt wird. Auch sonst kann durch Schlag oder Reibung die Explosion leicht eingeleitet werden, so daß die größte Vorsicht bei Handhabung des Knallquecksilbers und der damit gefüllten Sprengkapseln anzuraten ist. Knallquecksilber ist sehr schwer. Die erreichbare Ladedichte beträgt etwa 4,4. Infolgedessen und wegen der großen Explosionsgeschwindigkeit sind die Explosionswirkungen außerordentlich heftig. Das Knallquecksilber dient wegen seiner Gefährlichkeit nicht unmittelbar für Sprengzwecke. Hauptsächlich wird es zur Füllung der Sprengkapseln benutzt und hierfür mit chlorsaurem Kali oder Salpeter gemischt. Das übliche Mischungsverhältnis ist 85 % Knallquecksilber und 15 % chlorsaures Kali.

e) Vernichtung von Sprengstoffen.

141. — Der Bergbeamte kommt öfters in die Lage, Sprengstoffe vernichten zu müssen, sei es, daß sie sich im Zustande der Zersetzung befinden, oder sei es, daß sie gefunden, beschlagnahmt oder aus anderen Gründen nicht verwendbar sind und beseitigt werden sollen.

Schwarzpulver wird am besten in fließendes Wasser geworfen, wenn Schädigungen von Menschen und Tieren infolge Lösung des Salpeters nicht zu befürchten sind. Wo kein geeignetes, fließendes Wasser zur Verfügung steht, kann man Wasserbehälter nehmen und in diesen durch Umrühren die Auflösung des Pulvers bewirken. Ohne Zuhilfenahme von Wasser muß man das Pulver in einer langen dünnen Linie ausstreuen und mittels Zündschnur am einen Ende anzünden.

Dynamitpatronen legt man, nachdem zweckmäßig das Patronenpapier entfernt ist, mit ihren Enden aneinander und zündet die erste Patrone durch ein Stückchen Zündschnur (ohne Kapsel) oder mittels darüber gelegten Papiers an. Da der Eintritt einer plötzlichen Explosion der Masse nicht unmöglich ist, muß man sich in angemessene Entfernung zurückziehen. Die Patronensäule ist so zu legen und anzuzünden, daß etwaiger Wind die Flamme vom Sprengstoffe wegtreibt, weil andernfalls das Feuer zu lebhaft wird und unter Umständen zur Explosion führt. Gefrorenes Dynamit ist besonders vorsichtig zu behandeln, da bei ihm die Verbrennung leicht in Explosion übergehen kann. Kleinere Mengen Dynamit kann man brockenweise in offenes Feuer schieben, oder man bringt die Patronen einzeln mittels Sprengkapseln zur Explosion.

Wasser ist zur Vernichtung von Dynamit in keinem Falle anzuwenden, da es das Sprengöl ungelöst läßt und dieses unter Umständen noch Unheil anrichten kann.

Karbonite und andere sprengölhaltige Körper sind wie Dynamit zu behandeln.

Ammonsalpetersprengstoffe wirft man stückweise in offenes Feuer oder löst sie, falls keine explosive Beimischung vorhanden ist, in Wasser auf.

Sprengkapseln sind mittels Zündschnur zur Explosion zu bringen.

Karbonite und wettersichere Gelatinedynamite.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Tremonit (Dinitrit, Diolit) No. 1.	Castroper Sicherheitssprengstoff-A.-G. zu Dortmund.	35,0 % Dinitroglyzerin, 1,0 „ Kollodiumwolle, 1,7 „ Holzmehl, 7,4 „ Natriumoxalat, 6,0 „ Salmiak, 8,0 „ Kochsalz, 40,9 „ Ammonsalpeter.	Weich und plastisch, ungefrierbar.[1]
Desgl. No. 2.	Desgl.	35,0 % Dinitroglyzerin, 0,7 „ Kollodiumwolle, 2,0 „ Kurkuma, 1,0 „ Kaliumferrocyanat, 2,5 „ Trinitrotoluol, 11,0 „ Natriumoxalat, 9,0 „ Salmiak, 38,8 „ Ammonsalpeter.	Desgl.[1]
Desgl. No. 3.	Desgl.	33,0 % Dinitroglyzerin, 1,0 „ Kollodiumwolle, 9,0 „ Erbsmehl, 25,0 „ Kochsalz, 2,5 „ Trinitrotoluol, 29,5 „ Ammonsalpeter.	Desgl.[1]
Nobelit.	Dynamit-A.-G. vorm. Alfred Nobel zu Hamburg.	28,0 % Nitroglyzerin, 0,7 „ Kollodiumwolle, 13,5 „ Dextrin und Holzmehl, 0,5 „ Rüböl, 39,7 „ Ammonsalpeter, 17,6 „ Kochsalz.	Weich und plastisch.[1]

Nobelit I a.	Dynamit-A.-G. vorm. Alfred Nobel zu Hamburg.	28,0 % Nitroglyzerin, 4,0 „ Trinitrotoluol, 5,0 „ Kartoffelmehl, 1,0 „ Kollodiumwolle, 42,0 „ Ammonsalpeter, 20,0 „ Kochsalz.	Weich und plastisch.[1]
Ungefrierbares Nobelit a.	Desgl.	22,4 % Nitroglyzerin, 5,6 „ Dinitrochlorhydrin, 1,0 „ Kollodiumwolle, 8,0 „ Mononitronaphthalin, 2,4 „ Natronsalpeter, 37,1 „ Ammonsalpeter, 23,5 „ Kochsalz.	Desgl.[1]
Ungefrierbares Nobelit c.	Desgl.	22,4 % Nitroglyzerin, 5,6 „ Dinitrochlorhydrin, 4,0 „ Trinitrotoluol, 5,0 „ Kartoffelmehl, 1,0 „ Kollodiumwolle, 2,3 „ Natronsalpeter, 41,3 „ Ammonsalpeter, 18,4 „ Kochsalz.	Desgl.[1]
Nobels Wetterdynamit I.	Desgl.	30,0 % Nitroglyzerin, 31,0 „ Natronsalpeter, 36,0 „ Mehl, 2,0 „ Naphthalin, 1,0 „ Alaun.	Aussehen und Beschaffenheit etwa wie Kohlenkarbonit.[1]
Nobels Wetterdynamit II.	Desgl.	25,0 % Nitroglyzerin, 1,0 „ Rüböl, 32,0 „ Natronsalpeter, 37,0 „ Mehl, 5,0 „ Alaun.	Desgl. Grenzladung[2]) mindestens 900 g.

[1]) In der Zusammenstellung des Sammelwerkes nicht enthalten. (Siehe folgende Anmerkung.)

[2]) Grenzladung ist die unter den Bedingungen der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Gelsenkirchen die Schlagwetter nicht zündende Höchstladung (siehe Ziff 131) nach den Angaben des Sammelwerks Bd. VII, S. 483 ff.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Fördit I.	Siegener Dynamitfabrik, A.-G. zu Köln.	27,0 % gelatiniertes Sprengöl, 5,0 „ Nitrotoluol, 4,0 „ Dextrin, 3,0 „ Glyzerin, 37,0 „ Ammonsalpeter, 24,0 „ Kochsalz.	[1])
Kohlenfördit.	Desgl.	25,0 % Nitroglyzerin, 39,0 „ Mehl, 35,0 „ Kalisalpeter, 1,0 „ Talkum.	[1])
Sicherheits-Gallerte-Dynamit.	Desgl.	33,5 % gelatiniertes Sprengöl, 2,1 „ Leim und Dextrin, 4,3 „ Glyzerin, 22,6 „ Ammonsalpeter, 10,8 „ Natronsalpeter, 18,0 „ Mehl, 5,5 „ Kochsalz, 3,2 „ Wasser.	[1])
Kohlenkarbonit.	Sprengstoff-A.-G. Karbonit zu Schlebusch und verbündete Fabriken.	25,0 % Nitroglyzerin, 34,0 „ Kalisalpeter, 38,5 „ Mehl, 1,0 „ Barytsalpeter, 1,0 „ Lohmehl, 0,5 „ Soda.	Schmutzig weißgraue, zusammenhaftende, unter Druck leicht zerbröckelnde Masse. Grenzladung[2]) über 1000 g.
Karbonit I.	Desgl.	25,0 % Nitroglyzerin, 30,5 „ Natronsalpeter, 39,5 „ Mehl, 5,0 „ doppeltchromsaures Kali.	Grenzladung[2]) über 1000 g.
Karbonit II.	Desgl.	30,0 % Nitroglyzerin, 24,5 „ Natronsalpeter, 40,5 „ Mehl, 5,0 „ doppeltchromsaures Kali.	Grenzladung[2]) 850 g.

Gelatine-Karbonit.	Sprengstoff-A.-G. Karbonit zu Schlebusch und verbündete Fabriken.	26,0 % gelatiniertes Sprengöl, 6,9 „ Leimglyzerin-Gelatine, 41,5 „ Ammonsalpeter, 25,5 „ Kochsalz, 0,1 „ Ultramarin.	Grenzladung[2]) 500 g.
Phönix I.	Sprengstoffwerke Dr. R. Nahnsen & Co., Hamburg.	30,0 % Nitroglyzerin, 32,0 „ Natronsalpeter, 38,0 „ Mehl.	Grenzladung[2]) 700 g.
Wittenberger Wetterdynamit.	Westf.-Anhalt. Sprengstoff-A.-G. zu Berlin.	25,0 % Nitroglyzerin, 34,0 „ Kalisalpeter, 38,5 „ Roggenmehl, 1,0 „ Barytsalpeter, 1,0 „ Holzmehl, 0,5 „ doppelkohlensaures Natron.	Grenzladung[2]) über 1000 g.
Wettersicheres Gelatinedynamit I.	Desgl.	41,0 % gelatiniertes Sprengöl, 27,0 „ Ammonsalpeter, 4,0 „ Kalisalpeter, 12,5 „ stearinsaure Tonerde, 12,0 „ Mehl, 3,5 „ Paraffin.	Grenzladung[2]) 300 g.
Wettersicheres Gelatinedynamit II.	Desgl.	39,0 % gelatiniertes Sprengöl. 25,5 „ Ammonsalpeter, 5,0 „ Kalisalpeter, 14,0 „ Roggenmehl, 2,5 „ oxalsaures Ammon, 10,0 „ stearinsaure Tonerde, 4,0 „ Paraffin.	Grenzladung[2]) 500 g.
Wettersicheres Gelatinedynamit III.	Desgl.	28,7 % gelatiniertes Sprengöl, 11,0 „ Dinitrotoluol, 37,0 „ Ammonsalpeter, 4,0 „ Roggenmehl, 19,3 „ Kochsalz.	[1])

Anmerkungen [1]) und [2]) wie auf S. 191.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Wettersicheres Gelatinedynamit IV.	Westf.-Anhalt. Sprengstoff-A.-G. zu Berlin.	33,0 % gelatiniertes Sprengöl, 5,0 „ Dinitrotoluol, 5,0 „ Melassegummi, 30,0 „ Ammonsalpeter, 1,0 „ Kalisalpeter, 1,0 „ stearinsaure Tonerde, 25,0 „ Kochsalz.	[1]

Kaliumchlorat- und Kaliumperchloratsprengstoffe.

Bezeichnung des Sprengstoffs:	Herstellende Firma:	Zusammensetzung:	Bemerkungen:
Silesiapulver.	Pulverfabrik Kriewald bei Gleiwitz.	75—85 % Kaliumchlorat, 25—15 „ nitriertes Harz und Stärkemehl.	Diese Pulver werden teils als Ersatz für Dynamit, teils als Sicherheitssprengstoffe gebraucht.
Alkalsit.	Rheinische Dynamitfabrik zu Köln.	44,0 % Kaliumperchlorat, 29,0 „ Natronsalpeter, 3,0 „ Holzkohle, 5,0 „ Stärkemehl, 19,0 „ Trinitrotoluol.	Ist besonders für den Kalibergbau bestimmt.
Permonit.	Sprengstoff-A.-G. Karbonit zu Schlebusch.	32,5 % Kaliumperchlorat, 32,5 „ Ammonsalpeter, 7,0 „ Natronsalpeter, 4,0 „ Mehl, 3,0 „ Holzmehl, 1,0 „ Leimglyzeringelatine.	Langsam wirkender, billiger Sprengstoff, der hauptsächlich für Kalisalzgruben dienen soll.

[1]) Siehe Anmerkung 1 auf S. 191.

Die Zündung der Sprengschüsse.

142. — Vorbemerkung. Die älteren Zündungsarten (Zündung durch einen Zündkanal oder mittels Zündschnur) sind sog. Außenzündungen; d. h. außerhalb des Bohrlochs wird ein zündender Funke an ein der Ladung vorgeschaltetes Zündmittel gebracht. Bei den Innenzündungen (Abziehund elektrische Zündung) dagegen entsteht ein Funke nur im Innern des Bohrlochs.

A. Zündung durch einen offenen Zündkanal.

143. — Die Zündung durch einen offenen Zündkanal, der durch den Besatz bis zur Sprengladung führt, ist die einfachste Schußzündung. Sie bürgerte sich zugleich mit der Einführung der Sprengarbeit ein. Beim alten Pflockbesatz war der Zündkanal bereits im Holzpfropfen vorhanden. Beim Lettenbesatz wird er mittels der kupfernen oder messingnen, konischen Schieß- oder Räumnadel offen gehalten.

In den Kanal wurde früher loses Pulver hineingefüllt. Später verwendete man Raketchen, die durch Füllen von Strohhalmen oder Papierröhrchen mit feinkörnigem Jagdpulver hergestellt werden (Halm- oder Raketchenzündung). Es ist nicht nötig, daß der Halm oder das Raketchen bis in die Pulverladung reicht. Vielmehr sprüht das Pulver auf ziemlich bedeutende Entfernung durch den Zündkanal, treibt auch wohl den Halm durch den Rückstoß der Gase als Rakete bis zur Ladung. Die Länge der Halme beträgt in der Regel nur 15—20 cm. Statt der eigentlichen Raketchen kann man eine einfache Pulverspur, die bis in die Sprengladung reichen muß, verwenden. Man benutzt hierfür mit Pulverbrei bestrichene und danach getrocknete Papierröllchen, Schilffasern, Rohrsplitter oder dergl.

Das Anzünden der Raketchen oder der Pulverspur darf nicht unmittelbar erfolgen, da das Abbrennen bis zur Sprengladung fast augenblicklich vor sich geht. An den Halm wird deshalb ein kurzer Schwefelfaden (Schwefelmännchen) oder ein Stück Zündschwamm angebracht und entzündet. Das Abbrennen des Schwefelfadens und das Glimmen des Zündschwammes gewährt dem Arbeiter die zur Flucht nötige Zeit.

Hat der Pulverhalm aus irgend einem Grunde nicht gezündet, so ist die Sprengladung für einen zweiten Zündversuch durch den Kanal zugänglich. Das Verfahren ist außerordentlich billig, da es nur etwa $^1/_2$ Pf. für den Schuß kostet. Es ist aber nicht besonders zuverlässig. Bei Unaufmerksamkeit der Mannschaft ist ein zu frühes Kommen des Schusses zu befürchten. Anwendbar ist diese Art der Zündung nur bei dem Schwarzpulver und ähnlichen Sprengstoffen, die allein durch den Pulverfunken zur ordnungsmäßigen Explosion kommen und der Vermittelung einer Sprengkapsel nicht bedürfen.

B. Zündschnurzündung.

144. — Die Schnur selbst. Die Zündschnur, 1831 von dem Engländer Bickford erfunden, besteht aus einer Pulverseele, die durch Umspinnung mit Jutegarn oder Baumwolle geschützt ist. Zwecks Wasser-

dichtigkeit und auch zur Verhütung des seitlichen Durchbrennens wird sie geteert, mit einem Kaolinbreiüberzug versehen oder mit Guttaperchaüberzügen, Bandwickelungen u. dergl. umkleidet. Die billigen, einfach gesponnenen und geteerten Schnüre versagen bei Feuchtigkeit und können auch beim Besetzen des Schusses leicht verletzt werden. Besser und auch an mäßig feuchten Arbeitspunkten verwendbar sind die mit doppelter Umspinnung oder mit einer Bandwickelung versehenen Schnüre. Für nasse Arbeiten bewähren sich die Überzüge aus einer dünnen, reinen, leicht schmelzbaren Guttapercha vorzüglich. An schlagwettergefährlichen Punkten benutzt man Schnüre mit einer inneren Jute- und äußeren Baumwollenumspinnung. Letztere wird von der Verbrennung nicht mit ergriffen, so daß ein seitliches Durchbrennen verhütet wird. Tatsächlich schlagwettersicher sind freilich diese Schnüre nur in dem Falle, daß auch das erste Funkensprühen beim Anzünden der Schnur durch besondere Vorkehrungen verhindert wird und keinerlei Verletzungen daran vorhanden sind.

145. — **Brenngeschwindigkeit.** Die Brenngeschwindigkeit einer guten Zündschnur beträgt etwa 60 cm in der Minute. Schwankungen in gewissen Grenzen sind unvermeidlich, da die Stärke und die Festigkeit des Pulverfadens nicht mathematisch genau sein können. Es kommen aber, obwohl außerordentlich selten, auch bedeutende Unregelmäßigkeiten in der Brenngeschwindigkeit vor.

Stärkere Verlangsamungen der Brenngeschwindigkeit sind dadurch zu erklären, daß die Pulverseele auf eine kürzere oder längere Strecke unterbrochen ist. Die Schnur kann alsdann in sich langsam weiterglimmen, bis der Funke wieder die Pulverspur erreicht und mit der üblichen Geschwindigkeit weiter läuft. Es sind Fälle bekannt geworden, wo Schüsse eine Stunde oder gar noch länger nach dem Anzünden der Schnur gekommen sind.

Steigerungen der normalen Brenngeschwindigkeit können als Folge einer zu dünnen Pulverseele in einer lockeren Wickelung auftreten. Die Entzündung läuft über eine dünne, aber ununterbrochene Pulverseele mit großer Geschwindigkeit hinweg. Anderseits ist eine Vergrößerung der Brenngeschwindigkeit durch Steigerung des Gasdruckes, unter dem die Verbrennung vor sich geht, möglich. Ganz allgemein hängt die Brenngeschwindigkeit des Pulvers von dem jeweiligen Gasdrucke ab und steigt mit diesem. Die gewöhnliche Brenngeschwindigkeit ist für den atmosphärischen Druck berechnet, der in der Regel, solange die Verbrennungsgase nach rückwärts oder seitlich freien Abfluß haben, nicht merklich überschritten werden wird. Bei übermäßig fest gewickelten Schnüren mit unverbrennlicher, gasdichter Umspinnung kann der Rückfluß der Gase (z. B. infolge Druckes des Besatzes oder infolge Ankneifens eines Anzünders) behindert und die Brenngeschwindigkeit stark gesteigert werden. Hierdurch sind früher, als man die Gefahren der allzu fest gewickelten Schnüre noch nicht kannte, mehrfach Verunglückungen vorgekommen.[1])

[1]) Glückauf 1896, Bd. XXXII, S. 409 ff. Winkhaus, Gefahren der Sicherheitszündung.

Es erscheint ferner nicht ausgeschlossen, daß ein sehr fest gestampfter, langer Besatz Veranlassung zu einer gesteigerten Brenngeschwindigkeit der Zündschnur sein kann. Ebenso kann bei Sprengungen in tiefem Wasser vielleicht schon der Druck der Wassersäule eine erhöhte Brenngeschwindigkeit zur Folge haben.

146. — **Übertragung der Zündung auf die Ladung.** Schwarzpulver, Sprengsalpeter und ähnliche Sprengstoffe werden unmittelbar durch die Stichflamme der brennenden Zündschnur zur Explosion gebracht. Wenn die Bergleute bisweilen auch Dynamitladungen in ähnlicher Weise zünden, so ist dies Verfahren ein Unfug und streng zu rügen. Durch die Funken der aussprühenden Zündschnur gerät Dynamit zunächst nur ins Brennen, und wenn auch die eigentliche Explosion infolge der unter dem Besatze stattfindenden Steigerung des Druckes und der Temperatur vielleicht folgt, so genügt auch ein teilweises Auskochen der Ladung zur Verminderung der Sprengwirkung und Verschlechterung der Nachschwaden.

Zur sicheren Zündung der brisanten Sprengstoffe bedient man sich der Vermittelung der Sprengkapseln. Letztere werden der Zündschnur aufgesetzt, an dieselbe mittels einer Zange angekniffen und in diesem Zustande in die Sprengpatrone versenkt. Das Ankneifen mit den Zähnen ist in höchstem Maße lebensgefährlich.

147. — **Sprengkapseln.** Die Sprengkapseln (Zündhütchen) sind zylindrische, an dem einen Ende geschlossene Kupferhülsen, deren lichte Weite dem üblichen Durchmesser der Zündschnüre entspricht. Je nach der Art des zu zündenden Sprengmittels werden die Kapseln in 10 verschiedenen Größen mit entsprechender Füllung gebraucht und mit No. 1 bis 10 bezeichnet. Bezeichnung und Füllung ergeben sich aus folgender Aufstellung:

Bezeichnung No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Füllung g:	0,3	0,4	0,54	0,65	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0.

Fig. 201 zeigt die am häufigsten gebrauchten Kapseln No. 3 und 8 in natürlicher Größe. Die Sprengkapseln ziehen bei längerer Lagerung Feuchtigkeit an, worunter die Sprengkraft und die Fähigkeit, den Sprengstoff zur Explosion zu bringen, leiden. Zur Prüfung, ob die Kapseln noch frisch und voll gebrauchsfähig sind, bringt man sie, mit dem geschlossenen Ende auf einer Bleiplatte aufrechtstehend, zur Explosion. Fig. 202 veranschaulicht die Wirkung einer guten, einwandfreien und Fig. 203 diejenige einer Sprengkapsel, deren Füllung bereits durch Wasseraufnahme gelitten hat. Im ersteren Falle ist die Kupferhülse zu staubförmig kleinen Stückchen zerrissen und über das Blei hinweggefegt, so daß eine feine, radiale Strahlung entstanden ist. Bei der Fig. 203 fehlt dagegen die radiale Punktierung, und es finden sich statt dessen einzelne, tief eingeschlagene Explosionsspuren, weil die Kupferhülse durch eine abgeschwächte Explosion in größere Stücke zerrissen ist, die wie Wurfgeschosse in das Blei geschleudert sind. Solche

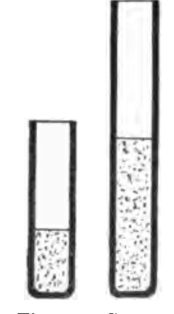


Fig. 201. Sprengkapseln No. 3 und 8.

Kapseln gewährleisten eine ordnungsmäßige Zündung der Sprengladung nicht, und die im Sprengstoffe enthaltene Leistung wird nicht ausgewertet.

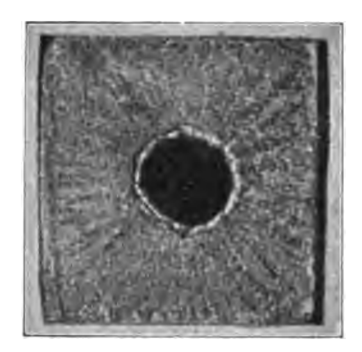



Fig. 202 und 203. Beschossene Bleiplättchen.

Schlechte Kapseln kommen im Betriebe in erhöhten Sprengstoffkosten zum Ausdruck.

148. — Kapseln mit teilweiser Trinitrotoluolfüllung. Neuerdings erhalten die Sprengkapseln häufig eine Füllung, die nur in ihrem oberen Teile aus Knallquecksilber, darunter aber aus Trinitrotoluol besteht. Da das Trinitrotoluol nicht hygroskopisch ist, sind die Kapseln gegen Feuchtigkeit weniger empfindlich als die reinen Knallquecksilberkapseln. Ebenso sind sie gegenüber Stoß und Schlag weniger gefährlich. Für die gewöhnlichen Sprengkapseln No. 6 werden als gleichwertig sog. Spezialkapseln No. A mit 0,4 g Knallquecksilber und 0,4 g Trinitrotoluol und für Hütchen No. 8 Spezialkapseln No. B mit 0,4 g Knallquecksilber und 0,6 g Trinitrotoluol geliefert. Anscheinend explodieren besonders die Ammonsalpetersprengstoffe mit Trinitrotoluolkapseln besser als mit reinen Knallquecksilberkapseln.

149. — Anzünden der Zündschnur. Das Anzünden der Zündschnur erfolgt in schlagwetterfreien Gruben mittels der offenen Lampe, nachdem das Zündschnurende zweckmäßig etwas aufgeschnitten ist. In Schlagwettergruben pflegte früher das Anzünden mittels Stahl, Stein und Schwamm bewirkt zu werden. Glimmender Schwamm zündet die Schlagwetter nicht. Die ersten Funken der brennenden Schnur aber, die unbehindert in die Luft austreten, können Schlagwetter namentlich dann zur Entzündung bringen, wenn die Pulverseele infolge des Aufschneidens bloßgelegt ist.

Diese Gefahr und die unbequeme Handhabung von Stahl, Stein und Schwamm haben den Anstoß gegeben, durch besondere Anzündvorrichtungen das Inbrandsetzen der Zündschnur gefahrlos zu machen. Die zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Vorrichtungen beruhen fast alle auf dem Gedanken, die Zündung der Schnur in einer auf diese geschobenen, geschlossenen Hülse zu bewerkstelligen, wobei die Hülse gleichzeitig dazu bestimmt ist, die zunächst aussprühenden Funken aufzufangen und deren Austritt in die umgebende Luft zu verhindern.

150. — Meinhardtscher Anzünder. Als ein Beispiel für die mehrfach gebrauchten Zündzangen, Zündpistolen u. dergl. sei der Meinhardtsche Schnuranzünder (hergestellt von Galle in Solingen) genannt,

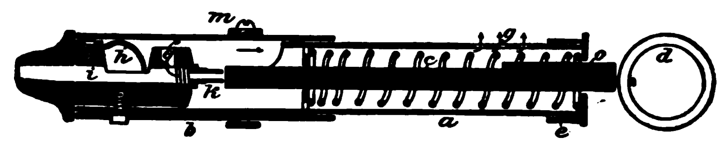


Fig. 204. Meinhardtscher Schnuranzünder im Schnitt.

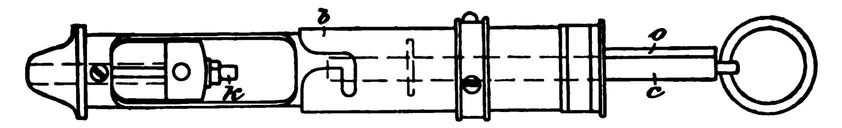


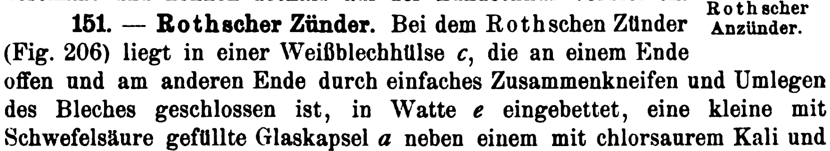
Fig. 205. Meinhardtscher Schnuranzünder in Ansicht.

der in Fig. 204 im Schnitt mit geschlossenem Schieber und entspannter Feder und in Fig. 205 in Ansicht mit geöffnetem Schieber und gespannter Feder dargestellt ist. Nachdem der Schlagbolzen *c* mittels des Ringes *d* unter Spannung der Schraubenfeder soweit zurückgezogen ist, daß der am Schlagbolzen befindliche Ansatz *o* aus dem Verschlußdeckel *e* der Hülse *a* heraustritt, dreht man den Bolzen *c* ein wenig, so daß der Ansatz *o* auf den Deckel *e* zu stehen kommt und die Spiralfeder gespannt hält. Die Zündschnur wird in das Mundstück *i* eingeschoben und ein gewöhnliches Zündhütchen auf das Schlagstück *k* gesetzt. Alsdann wird der Apparat durch Verschieben des ringförmigen Schiebers *b* geschlossen, was zur Folge hat, daß die Feder *h* gegen die Zündschnur drückt und diese festhält. Durch eine kleine Drehung am Ringe wird der Schlagbolzen gelöst und durch die Kraft der gespannten Spiralfeder gegen das Zündhütchen geschnellt, wodurch die Entzündung der Schnur eintritt. Die Pulvergase entweichen durch die Löcher *g*. Einige Sekunden nach dem Anbrennen der Schnur zieht man den Schieber *b* zurück und kann nun die Vorrichtung leicht von der Schnur abstreifen.



Fig. 206. Rothscher Anzünder.

Bei diesen und ähnlichen Anzündern (Hohendahlsche Zange, Eckardtscher und Münningscher Anzünder) bleibt die Gefahr bestehen, daß die Vorrichtung unter dem Zwange einer gewissen Unruhe zu früh von der Schnur abgezogen wird, ehe noch das Aussprühen der Zündschnur beendet ist. Die im folgenden beschriebenen Zünder sind stets nur für einen Schuß bestimmt und können deshalb auf der Zündschnur verbleiben.



151. — Rothscher Zünder. Bei dem Rothschen Zünder (Fig. 206) liegt in einer Weißblechhülse *c*, die an einem Ende offen und am anderen Ende durch einfaches Zusammenkneifen und Umlegen des Bleches geschlossen ist, in Watte *e* eingebettet, eine kleine mit Schwefelsäure gefüllte Glaskapsel *a* neben einem mit chlorsaurem Kali und

Zucker getränktem Wattepfropfen *b*. Die Einschnürung der Hülse bei *b* verhindert ein Verschieben oder gar das Herausfallen der einzelnen Teile. Nachdem die Zündschnur in das offene Ende der Hülse eingeführt ist, wird diese am Ende mit einer Zange so eingewürgt, daß sie die Schnur rundum ohne Zwischenraum festhält. Alsdann wird die Hülse an der Stelle, wo die Glaskapsel liegt, durch eine Zange zusammengequetscht, so daß das Gläschen bricht und sein Inhalt sich über das fein verteilte, chlorsaure Kali nebst Zucker in dem benachbarten Watteflausch ergießt. Die entstehende Flamme entzündet die Schnur. Der Zünder läßt nur dann Feuer nach außen durchtreten, wenn die Hülse mangelhaft hergestellt oder das Anklemmen an die Schnur nicht sorgfältig genug geschehen ist. Derartige Zünder sind nach Millionen verbraucht worden.

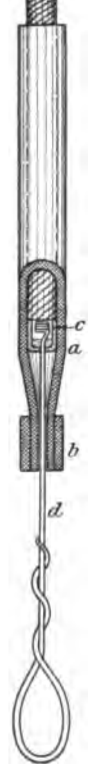


Fig. 207. Norresscher Anzünder.

152. — Norresscher Zünder. In der äußeren Gestalt sind den besprochenen die Norresschen Zünder ähnlich, bei denen jedoch die Entzündung durch Reibung bewirkt wird. Die Zünder bestehen aus der Papierhülse *a* (Fig. 207), deren eines Ende zusammengewürgt und durch die Papierwickelung *b* verstärkt ist, und dem durchlochten Zündhütchen *c* mit durchgeführtem Draht *d*. Letzterer ist an seinem im Zündhütchen steckenden Ende spiralig aufgedreht und tritt mit dem anderen Ende durch die Würgung der Papierhülse nach außen. Beim Gebrauche wird die Zündschnur möglichst tief in die Hülse eingeführt und darauf der Draht mit kurzem Ruck aus dem Zündhütchen der Hülse gerissen. Durch die Reibung des Drahtes in dem Zündhütchen wird dessen Entflammung und damit diejenige der Zündschnur eingeleitet. Die Länge der Papierhülse ist so gewählt, daß die Entzündungsflamme keinenfalls durch den zwischen Hülse und Zündschnur verbleibenden, geringen Zwischenraum hindurchschlagen kann.

Neuerdings werden diese Zünder mit einem am Ende des Abziehdrahtes befestigten Holzknebel geliefert, der bis zum Gebrauche der Hülse in dieser steckt und so den Zündsatz gegen Feuchtigkeit schützt.

153. — Weitere Reibzünder. Ähnliche Zünder sind diejenigen von Faltin in Schalke, Koch in Linden, Steeg in Oberhausen und die sog. Hebelzünder des Dynamittrustes zu Hamburg. Bei den letzteren ist die Papphülse unten durch einen Holzstopfen verschlossen, auf der ein Zündhütchen aufgeleimt ist. Auf der Hülse ist ein umlegbarer Drahtbügel befestigt, dessen Enden in die Hülse geführt sind, wo die Drahtspitzen sich über dem Zündhütchen befinden. Durch Umlegen des Bügels reiben die Spitzen im Zündsatz und bringen diesen zur Entflammung.

154. — Elektrischer Anzünder. Der elektrische Anzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln (Figuren 208 und 209) ist der elektrischen Sprengkapsel derselben Firma nachgebildet. Es fehlen jedoch die Leitungsdrähte, und statt der Sprengkapsel wird die Zündschnur *z* (Fig. 208) in die verlängerte Papierhülse g_1 bis in die Nähe des Zünd-

satzes *c* geschoben. Die Hülse *g* dient zum Schutze und zur Verbindung der Teile. Die Kartonpapierschicht *a* mit den Metallbelegungen *b b* ragt gleichsam als Zunge unten heraus und kann in einen Schlitz des Zündapparates, der in den Figuren 210 und 211 in Schnitt und Ansicht dargestellt ist, eingeführt werden. Letzterer besteht aus einer Holzbüchse, die ein Hellessen-Trockenelement enthält. Durch Druck auf den Knopf *a* kommen die Kontaktfedern *c* und *d* mit den Metallbelegungen *b b* des Anzünders in Berührung, und die Zündung erfolgt.

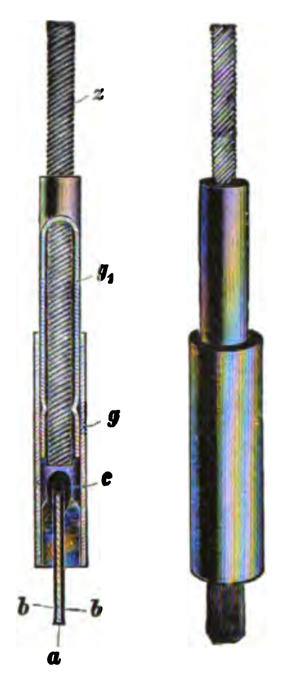


Fig. 208. Fig. 209.
Elektrischer Anzünder.
(Schnitt.) (Ansicht.)

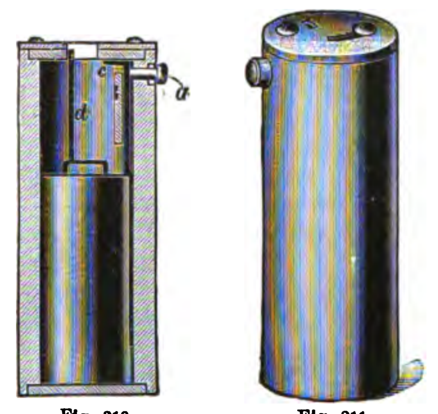


Fig. 210. Fig. 211.
Zündapparat des elektrischen Anzünders.
(Schnitt.) (Ansicht.)

155. — Vergleich. Die zuletzt besprochenen Anzünder arbeiten teurer als die Meinhardtsche Vorrichtung und ähnliche Zündzangen, weil jedesmal der ganze Zünder, der etwa 3 Pf. kostet, verloren geht, während bei der Meinhardtschen Vorrichtung immer nur ein einfaches Zündhütchen verbraucht wird.

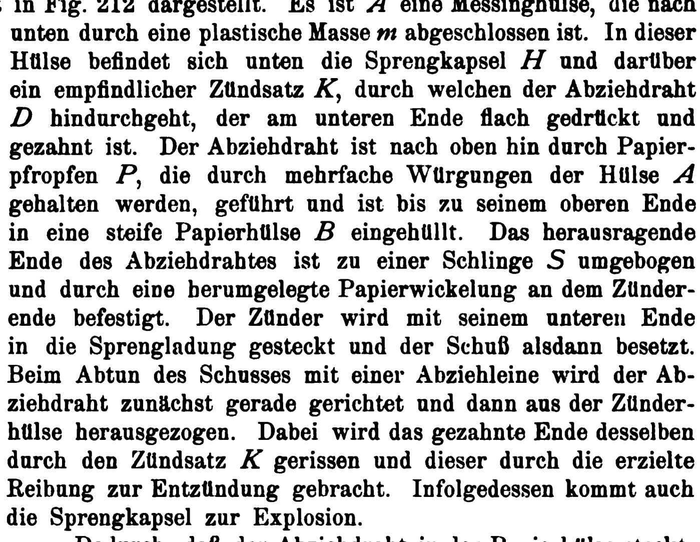
Wenn aber mehrere Schüsse gleichzeitig gezündet werden sollen, so stößt die Handhabung der Schlagzündvorrichtungen auf Schwierigkeiten, und die Anzünder sind in solchen Fällen angenehmer. Durch Aufsetzen derselben auf die Zündschnüre kann man sämtliche Schüsse zum Anzünden fertig machen, und der Bergmann hat nur, ehe er sich entfernt, schnell hintereinander die einzelnen Zünder abzutun.

C. Abziehzündungen.

156. — Allgemeines. Die Abziehzündungen beruhen auf dem Gedanken, unter Vermeidung der Zündschnur einen Sprengschuß aus der Entfernung durch einen mittels eines Strickes oder einer Leine ausgeübten Zug zur Entzündung zu bringen. Die Sprengkapsel mit der Zündvorrichtung wird im Innern der Sprengladung untergebracht. Durch den Besatz geht

der Abziehdraht, an den der Abziehstrick geknüpft wird. Der letztere wird bis zu einem sicheren Schutzorte fortgeführt, von wo aus man das Abziehen besorgt. Allen diesen Zündungsarten haftet der Übelstand an, daß durch unvorsichtigen Zug am Abziehdrahte beim Besetzen oder an dem Stricke nach Fertigstellung des Besatzes (z. B. beim Fall des Arbeiters) der Schuß vorzeitig zur Explosion kommen kann. Ferner ist es mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, mehrere Schüsse gleichzeitig abzutun. Als Vorteil steht entgegen, daß die Zündung einfach, völlig schlagwettersicher und billig ist. Die Abziehzündungen haben besonders auf österreichischen Gruben Verbreitung gefunden.

157. — Lauersche Friktionszündung. Die Lauersche Friktionszündung ist in Fig. 212 dargestellt. Es ist *A* eine Messinghülse, die nach



unten durch eine plastische Masse *m* abgeschlossen ist. In dieser Hülse befindet sich unten die Sprengkapsel *H* und darüber ein empfindlicher Zündsatz *K*, durch welchen der Abziehdraht *D* hindurchgeht, der am unteren Ende flach gedrückt und gezahnt ist. Der Abziehdraht ist nach oben hin durch Papierpfropfen *P*, die durch mehrfache Würgungen der Hülse *A* gehalten werden, geführt und ist bis zu seinem oberen Ende in eine steife Papierhülse *B* eingehüllt. Das herausragende Ende des Abziehdrahtes ist zu einer Schlinge *S* umgebogen und durch eine herumgelegte Papierwickelung an dem Zünderende befestigt. Der Zünder wird mit seinem unteren Ende in die Sprengladung gesteckt und der Schuß alsdann besetzt. Beim Abtun des Schusses mit einer Abziehleine wird der Abziehdraht zunächst gerade gerichtet und dann aus der Zünderhülse herausgezogen. Dabei wird das gezahnte Ende desselben durch den Zündsatz *K* gerissen und dieser durch die erzielte Reibung zur Entzündung gebracht. Infolgedessen kommt auch die Sprengkapsel zur Explosion.

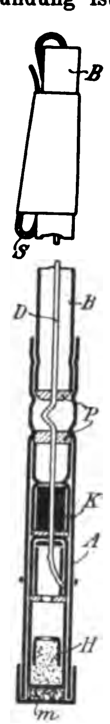
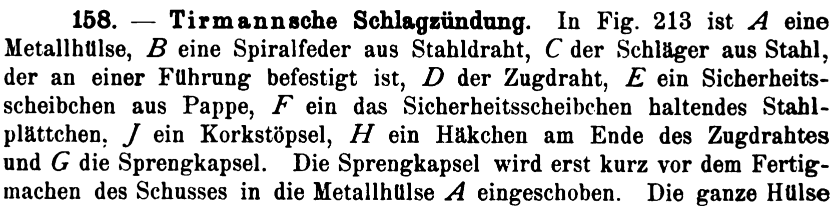


Fig. 212. Friktionszünder von Lauer.

Dadurch, daß der Abziehdraht in der Papierhülse steckt, ist die Sicherheit beim Besetzen gewährleistet. Vor der Wirkung eines unbeabsichtigten, geringen Zuges nach Anknüpfung des Strickes sollen die Papierpfropfen *P* und die Einbiegung des Drahtes zwischen denselben schützen. Zum Abtun der Schüsse ist der immerhin kräftige Zug von 12—15 kg am Zünderdrahte notwendig. Feuchtigkeit schadet den Zündern sehr. Es entstehen nicht nur Versager, sondern die zum Abziehen erforderliche Kraft wird auch durch ein Weichwerden der Papierpfropfen verringert, so daß unter Umständen ein vorzeitiges Losgehen des Schusses zu befürchten ist.



158. — Tirmannsche Schlagzündung. In Fig. 213 ist *A* eine Metallhülse, *B* eine Spiralfeder aus Stahldraht, *C* der Schläger aus Stahl, der an einer Führung befestigt ist, *D* der Zugdraht, *E* ein Sicherheitsscheibchen aus Pappe, *F* ein das Sicherheitsscheibchen haltendes Stahlplättchen, *J* ein Korkstöpsel, *H* ein Häkchen am Ende des Zugdrahtes und *G* die Sprengkapsel. Die Sprengkapsel wird erst kurz vor dem Fertigmachen des Schusses in die Metallhülse *A* eingeschoben. Die ganze Hülse

wird in die Zündpatrone gesteckt. Beim Besetzen des Schusses wird der Zugdraht von außen gehalten und wird nach Vollendung des Besatzes an die 30—50 m lange Abziehleine geknüpft. Zum Abziehen ist ein Zug von etwa 25 kg erforderlich. Dabei streckt sich zunächst der durch das Sicherheitsscheibchen gehaltene Zugdraht gerade, indem das Scheibchen durchschnitten wird. Dann wird die Schraubenfeder zusammengepreßt und endlich das zu einem Häkchen gebogene Ende aus dem Schläger *C* herausgezogen. Dadurch wird der letztere frei, schnellt infolge der Spannkraft der Feder gegen den Knallsatz des Zündhütchens und bringt dieses zur Explosion.

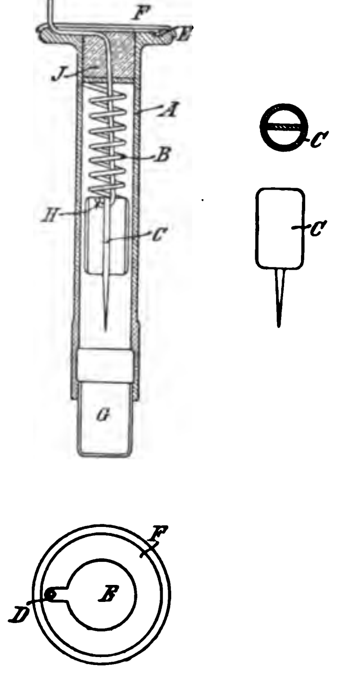


Fig. 213. Tirmannscher Schlagzünder.

Für die Tirmannsche Zündung ist ein guter und fester Besatz, der der Zugwirkung stand hält, notwendig. Zu den allgemeinen Nachteilen der Abziehzündungen kommt in diesem Falle noch ein besonderes Bedenken. Bei etwa vorkommenden Versagern ist nämlich die Besorgnis nicht von der Hand zu weisen, daß vielleicht der Schläger in der Hülse nur verklemmt ist, nachträglich frei wird und die Zündung des Schusses verspätet bewirkt.



D. Elektrische Zündung.

a) Allgemeines.

159. — Teile der elektrischen Zündung. Für die Zwecke der elektrischen Zündung wird in einer Stromquelle Elektrizität erzeugt. Diese wird durch Leitungen zum Sprengorte bis in die Sprengladung geführt. Hierselbst muß in dem eigentlichen Zünder Gelegenheit zur Umwandlung der Elektrizität in Wärme und zur Übertragung der Entzündung auf die Sprengladung geschaffen sein. Bei der elektrischen Zündung sind also als wesentliche Teile Stromquelle, Leitung und Zünder zu unterscheiden.

160. — Strom- und Spannungsverhältnisse. Im übrigen liegen die Verhältnisse je nach Art und Spannung des zur Verwendung gelangenden Stromes außerordentlich verschieden. Bezeichnet man in einem elektrischen Stromkreise mit:

i die Stromstärke,
e die Spannung,
w den Widerstand des Stromkreises,

so ist nach dem Ohmschen Gesetze:

$$i = \frac{e}{w} \qquad \text{I.}$$

In einer Zündanlage wird in der Regel die Klemmenspannung e der Stromquelle und der Widerstand w, der sich aus dem inneren Widerstande der Stromquelle und den Widerständen der Leitungen und des Zünders bezw. der Zünder zusammensetzt, bekannt sein oder leicht gemessen werden können. Danach läßt sich also die durch den Stromkreis fließende Stromstärke i berechnen. Die Leistung E des Stromes ist nach dem Jouleschen Gesetze:

$$E = i e$$

oder in Berücksichtigung der Formel I:

$$E = i^2 . w \quad . . . \quad . . . . . . \quad \text{II.}$$

Die Wärmewirkung W, die vom elektrischen Strome erzeugt werden kann, ist der Leistung E proportional, so daß man, wenn man $W = E$ setzt, schreiben kann

$$W = i^2 . w \quad . . . . \quad \text{III.}$$

In der elektrischen Zündanlage soll lediglich derjenige Teil des Stromkreises, der im eigentlichen Zündsatze liegt, erwärmt werden, während die Leitungen dazu dienen, den Strom tunlichst ohne Verluste an die Verbrauchsstelle (d. h. zu dem Zünder) zu bringen. Nach der Formel III wird die Entzündung des Zündsatzes eintreten, sobald innerhalb desselben das Produkt aus dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstand der Zündstelle zu einer gewissen Größe ansteigt. Man sieht, daß der Zweck sowohl durch Vergrößerung der Stromstärke wie des Widerstandes im Zünder selbst erreicht werden kann. Die Temperatur, die an der Zündstelle erzeugt werden muß, um die Zündung herbeizuführen, ist verhältnismäßig gering. Der Zündsatz der allgemein üblichen Sprengkapseln entzündet sich bereits bei etwa 200° C., so daß also nicht einmal ein Erglühen des betreffenden Leitungsteiles einzutreten braucht. Die Erwärmung braucht sich auch nur auf wenige, kleinste Teilchen des Zündsatzes zu erstrecken, da die einmal eingeleitete Entzündung sich selbsttätig fortpflanzt. Bei sachgemäßer Einrichtung der Zündanlage genügt somit eine überaus geringe, kaum meßbare Wärmeerzeugung oder Arbeitsleistung, um die elektrische Entzündung in die Wege zu leiten. Es wird daraus verständlich, daß Elektrizität jeder Art von hoher oder niedriger Spannung mit Leichtigkeit für die elektrische Zündung nutzbar gemacht werden kann, da stets das Maß der erforderlichen, elektrischen Energie außerordentlich gering ist. Ein grundsätzlicher Unterschied in der Brauchbarkeit der verschiedenen Stromquellen, Stromarten und Spannungen besteht also nicht.

Wohl aber kommt es darauf an, daß für die besondere Art der jeweiligen Stromquelle ein geeigneter Zünder angewandt wird, der fähig ist, gerade den gelieferten Strom in nutzbare Wärme umzusetzen. Denn je nach Spannung und Stromstärke kann der Zünder einen zu hohen oder einen zu niedrigen Widerstand besitzen. Ist der Widerstand für die vorhandene Spannung zu hoch, so fließt nach Formel I zu wenig oder gar kein Strom, und die Wärmewirkung an der Zündstelle bleibt aus. Ist der Widerstand zu niedrig, so wird nach Formel III W zu klein, weil die Größe w zu gering ist. Der Strom geht ohne die be-

absichtigte Erhitzung der Zündstelle durch und zündet nicht. Der gewünschte Erfolg ist also nur dann möglich, wenn die Spannungsverhältnisse im Stromkreise mit dem Widerstande des Zünders zusammenpassen.

Zünder, die für alle Arten von Zündmaschinen gebraucht werden könnten, gibt es ebensowenig wie Stromquellen, die für jeden Zünder geeignet sind. Die Wirksamkeit der elektrischen Zündanlage hängt vielmehr in jedem Falle davon ab, daß Strom, Spannung und Widerstand der Anlage in einem angemessenen Verhältnisse zueinander stehen. Man muß diese Größen kennen, wenn man die Zündergebnisse und im besonderen die Frage beurteilen will, ob Versager durch die Art der Zündung oder durch ungenügende Ausbildung oder etwa bösen Willen der Schießmannschaft begründet sind.

161. — Einteilung der Zünder. Wie aus der folgenden Übersicht hervorgeht, besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den aufgeführten Arten der elektrischen Zündung nicht. Denn es findet ein ununterbrochener Übergang hinsichtlich der Widerstandsverhältnisse, der Stromstärke und Spannung statt. Dagegen hat die Einteilung praktischen Wert, weil die Verhältnisse einer elektrischen Zündanlage je nach der Art der Zünder außerordentlich verschieden liegen.

Arten der elektrischen Zündung. Bezeichnung der Zünder:	Der Widerstand des einzelnen Zünders beträgt etwa Ohm	Ein Zünder erfordert einen Strombedarf von Ampère	Zur Zündung eines Zünders etwa erforderliche Spannung Volt
Funkenzünder . . .	1000000 u. mehr	nicht meßbar klein	3000
Spaltglühzünder mit hohen Widerständen, auch Spaltfunkenzünder genannt	3000—100000	$^1/_{500}$—$^1/_{5000}$	30—100
Spaltglühzünder mit niedrigen Widerständen .	20—500	$^1/_{10}$—$^1/_{100}$	6—10
Glühzünder (Brückenzünder, Platindrahtglühzünder)	0,3—1,2	0,5—0,8	0,5—2

Bei der Funkenzündung wird hiernach sehr hoch gespannte Elektrizität benutzt. Die beiden Polenden im Zünder lassen einen Spalt zwischen sich, der von einem Zündsatze mit sehr geringer Leitungsfähigkeit ausgefüllt ist. Die Elektrizität durchbricht als Funke den schlecht leitenden Zündsatz und erhitzt ihn bis zur Entflammung.

Bei der Spaltglühzündung lassen die beiden Polenden ebenfalls einen Spalt zwischen sich, der aber mit einem Zündsatze von besserer Leitungsfähigkeit ausgefüllt ist. Die Zündung erfolgt durch die Wärmewirkung beim Fließen des elektrischen Stromes und trägt nicht mehr den Charakter einer Funkenerscheinung. Man arbeitet in der Regel mit

Stromspannungen, die überhaupt keine überspringenden Funken zu erzeugen vermögen. Im übrigen schwanken die Widerstände der Zünder wie die Spannungen in sehr weiten Grenzen.

Bei der Glühzündung ist innerhalb des Zünders die metallische Leitung nicht wie bei der Funken- und Spaltglühzündung durch einen Spalt unterbrochen, sondern die beiden Polenden sind durch ein sehr dünnes Platindrähtchen miteinander verbunden. Das letztere besitzt für sich einen Widerstand von etwa 1 Ohm. Sobald ein genügend starker elektrischer Strom durch die Zündanlage fließt, kommt das Platindrähtchen ins Glühen und entflammt den benachbarten Zündsatz.

b) Stromquellen.

162. — Einteilung. Als Stromquellen sind bei der elektrischen Zündung im Bergbau nur reibungselektrische, magnetelektrische, dynamoelektrische Maschinen und Trockenelemente eingeführt. Die sonst noch möglichen Stromquellen haben keine weitere Verbreitung gefunden.

163. — Reibungselektrische Maschinen. Die reibungselektrischen Maschinen sind ausschließlich für die Funkenzündung bestimmt. Die Hauptteile solcher Maschinen sind die eigentliche Elektrisiermaschine und der Elektrizitätssammler. Als Hilfsvorrichtungen kommen der Entlader und der Funkenprüfer hinzu. Als Vertreterin der reibungselektrischen Maschinen mag die Maschine des Hofmechanikers Bornhardt in Braunschweig näher

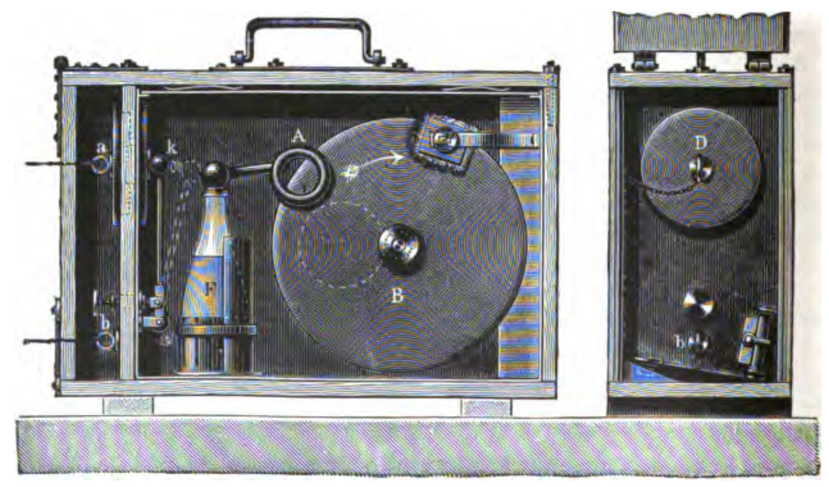


Fig. 214. Bornhardtsche Zündmaschine (innere Ansicht).

besprochen werden, die jetzt von K. Winter, A. Bornhardts Nachfolger, in Braunschweig fabriziert und geliefert wird. Bei derselben (Fig. 214) besteht die Elektrisiermaschine aus der Hartgummischeibe B und dem als Reibkissen dagegen gedrückten Pelzwerk aus Katzenfell. Die Gummischeibe kann von außen mit einer Kurbel in Umdrehung versetzt werden. Die hierbei erzeugte Elektrizität wird dadurch gesammelt, daß man sie einerseits von dem Pelzwerk, anderseits durch Sauger A von den Gummi-

scheiben nach den beiden Belegungen des Sammlers *F* leitet, der aus einer gut isolierten Leydener Flasche besteht. Die äußere Belegung der Flasche steht mit der Öse *b* in Verbindung, während die innere Belegung durch einen Druck auf den über *b* befindlichen Knopf durch den Ausschlag des Entladers *k* mit der Öse *a* in Stromverbindung gebracht werden kann. Nachdem die Enden der Leitungsdrähte in die Ösen *a* und *b* eingehängt sind und der Elektrizitätssammler geladen ist, bewirkt ein Druck auf den Entladerknopf den Elektrizitätsausgleich durch den äußeren Stromkreis der Zündanlage und damit das Kommen des Schusses oder der Schußreihe.

Um die Maschine jederzeit auf ihren gebrauchsfähigen Zustand untersuchen zu können, ist daran der Funkenprüfer angebracht. Derselbe besteht aus einer Reihe von Metallknöpfen, die sich seitlich am Kopfende

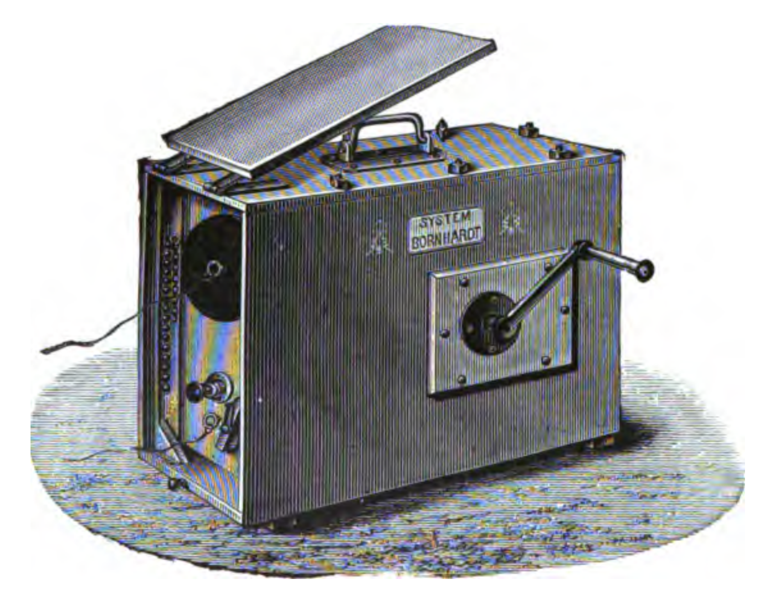


Fig. 215. Bornhardtsche Zündmaschine (äußere Ansicht).

des Kastens (siehe Fig. 215) befinden. Will man die Prüfung vornehmen, so schließt man die Knopfreihe mittels eines Kettchens an die Öse *a* an und entladet die Maschine wie gewöhnlich. Der Elektrizitätsausgleich erfolgt sodann über die Knopfreihe, indem die Zwischenräume zwischen den einzelnen Metallknöpfen durch deutlich sichtbare Funken übersprungen werden. Wo Schlagwettergefahr besteht, wird der Funkenprüfer mit Glasbedeckung geliefert.

Die ganze Maschine ist in einem Blechkasten untergebracht, der seinerseits wieder in einen verschraubten Holzkasten gesetzt ist. Dem Bergmann sind also nur Kurbel, Entladerknopf, Ösen und Funkenprüfer zugänglich, die möglichst gegen das Innere des Gehäuses abgedichtet sind, um jede Feuchtigkeit, welche bekanntlich für Elektrisiermaschinen wegen Zerstörung der Isolation schädlich ist, abzuhalten.

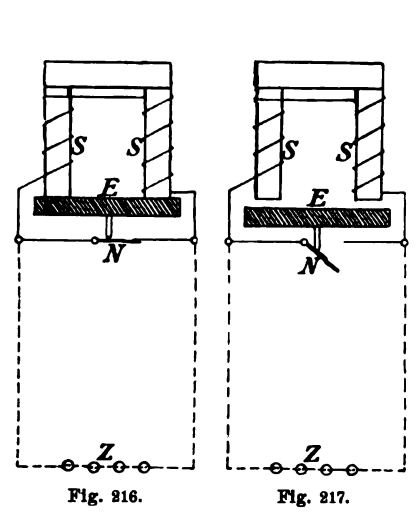
Die Bornhardtsche Maschine in ihrer normalen Größe (50:19:36 cm) liefert nach etwa 20 maliger Umdrehung der Kurbel Funkenlängen von 45—50 mm und bringt 15—20 Schuß gleichzeitig zur Entzündung. Sie wiegt 13 kg.

Trotz ihrer großen Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit genügt die Maschine bei vorsichtiger Behandlung einigermaßen den Anforderungen der Praxis und verliert ihre Gebrauchsfähigkeit längere Zeit nicht. Vielfacher Transport und häufiger Temperaturwechsel wirken aber stets schädlich auf die Maschine ein. Für Schlagwettergruben sind Kurzschlußfunken bei mangelnder Sorgfalt in der Verlegung der Leitungen zu fürchten.

Magnetelektrische Maschinen.

164. — Die Maschinen im allgemeinen. Die magnetelektrischen Maschinen liefern elektrische Ströme von niederer bis zu mittlerer Spannung, die von einigen wenigen Volt bis zu mehreren hundert Volt und darüber hinaus steigen kann. Die Maschinen sind demgemäß für Glüh- und Spaltglühzünder bestimmt.

165. — Ältere Maschinen. Bei den älteren, magnetelektrischen Maschinen wird in Drahtspiralen, die um die Pole eines Magneten gewickelt sind, ein Induktionsstrom dadurch erzeugt, daß ein weiches Eisenstück



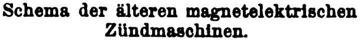

Fig. 216. **Fig. 217.**
Schema der älteren magnetelektrischen Zündmaschinen.



Fig. 218. Zündmaschine von Bréguet.

plötzlich seine Lage zu den Polen ändert und hierdurch das magnetische Kraftlinienfeld verschiebt. Hierhin gehört insbesondere die in Belgien und Nordfrankreich viel gebrauchte Bréguetsche Maschine.

Die Figuren 216 und 217 stellen diese Maschinenart schematisch dar. Um die Schenkel S des Hufeisenmagneten sind Drahtspiralen gewickelt, die an der Unterbrechungsstelle N kurz geschlossen sind, solange

der weiche Eisenanker E anliegt oder doch nur wenig von den Magnetpolen entfernt ist. Z ist die äußere Zündanlage. Wird der Anker E plötzlich vom Magneten abgerissen, so entsteht in den Drahtwickelungen ein Induktionsstrom, der zunächst die Spulen durchläuft und den Magnetismus steigert. Wird der Anker genügend weit abgerissen (Fig. 217), so wird der Unterbrecher in Tätigkeit gesetzt, und der Strom durchfließt nun, durch den hoch gespannten Extrastrom verstärkt, den äußeren Stromkreis.

Fig. 218 stellt eine Bréguetsche Maschine von oben gesehen dar. Der Anker E ist auf einem Hebel mit horizontaler Achse befestigt. Durch einen kräftigen Faustschlag auf den Knopf *a* des Hebels wird der Anker vom Magneten abgerissen und die Maschine in Wirksamkeit versetzt. Der Stützklotz *b* kann unter den Hebel geschoben werden, um eine unbeabsichtigte Wirkung der Maschine zu ungelegener Zeit hintan zu halten. An die Klemmen *c c* wird der äußere Stromkreis angelegt. Eine Maschine, die für 10 Schuß ausreicht, wiegt 10 kg.

166. — Neuere Maschinen. Bei den neueren magnetelektrischen Maschinen wird zwischen den Polen eines oder mehrerer Magnete ein mit Drahtwickelungen versehener Doppel-T-Anker in schnelle Umdrehung versetzt, wodurch in den Drahtwickelungen Wechselströme induziert werden (Fig. 219). Die isolierte Drahtwickelung ist einerseits an die Achse bezw. die Verlagerungsplatte angeschlossen, während das andere Ende isoliert durch eine Längsbohrung in der Achse geführt ist und durch eine anliegende, gleichfalls isolierte Feder mit der äußeren Leitung in Verbindung steht. Der in der Ankerwickelung erzeugte Wechselstrom fließt unmittelbar durch die Zündanlage und bringt den Zünder zur Explosion. Die Fig. 220 zeigt das äußere Aussehen einer solchen Maschine, die 2 kg schwer ist und in den Maßen 150:170:95 mm

Fig. 219. Neuere, magnetelektrische Zündmaschine.



Fig. 220. Magnetelektrische Kurbelmaschine.

ausgeführt wird. Statt der Kurbel wird häufig auch eine Zahnstange als Antrieb gewählt.

Um das immerhin lästige Zwischenmittel der Zahnräder und Zahnstangen im Antrieb zu vermeiden, ist bei der in Fig. 221 mit und ohne Gehäuse dargestellten Maschine von der Fabrik elektrischer Zünder zu

Köln Kreiselantrieb gewählt. Die nach außen durchgeführte Achse des Doppel-T-Ankers wird unmittelbar durch Abziehen einer darum gewickelten Schnur in schnelle Umdrehung versetzt. Fig. 222 zeigt die Handhabung

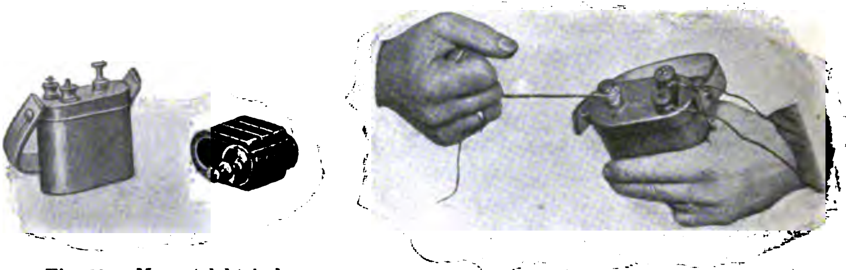


Fig. 221. Magnetelektrische Kreiselmaschine.

Fig. 222. Betätigung der Kreiselmaschine.

des Apparates. Die Maschine mißt nur 100 : 90 : 65 mm, ist in gezogenem, starkem Messinggehäuse untergebracht und wiegt 1,6 kg. Sie ist durch Fortfall der Ausbesserungen am Antriebe und durch hohe Leistung infolge der erzielbaren, großen Drehgeschwindigkeit des Ankers ausgezeichnet.

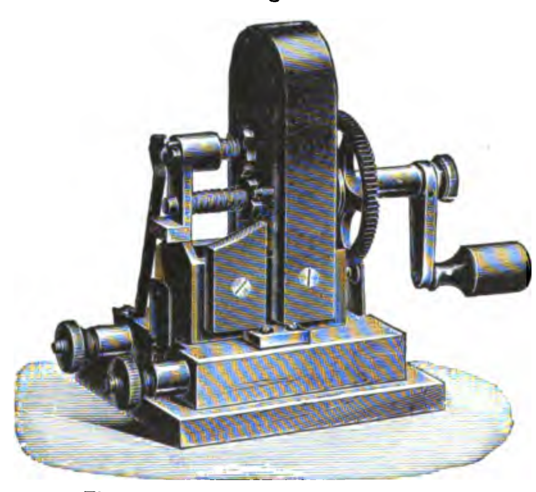


Fig. 223. Magnetelektrische Maschine von Siemens & Halske.

Die beiden genannten Maschinen sind für 1—3 Schuß bestimmt und sind für Spaltglüh- oder Glühzündung, je nach der Art der Wickelung, brauchbar.

Fig. 223 zeigt schließlich noch die magnetelektrische Maschine von Siemens & Halske zu Berlin, die die Eigentümlichkeit hat, daß die Einschaltung der Zündleitung in den Stromkreis erst bei der fünften Kurbelumdrehung selbsttätig erfolgt, und zwar unabhängig von der Stellung der Kurbel beim Beginn des Drehens. Es soll so der Stromschluß erst nach Erreichung einer gewissen Drehgeschwindigkeit eingeschaltet werden, um im Augenblicke der Zündung genügende Stromstärke zu erhalten.

Dynamoelektrische Maschinen.

167. — Erklärung. Die dynamoelektrischen Maschinen sind in vieler Beziehung den magnetelektrischen Apparaten ähnlich, beruhen aber auf dem Gedanken der Siemensschen Dynamomaschine (Fig. 224). Ein

mit Drahtwickelungen versehener Doppel-T-Anker T wird zwischen den Polen eines Elektromagneten M in Umdrehung versetzt. Infolge des in den Magnetschenkeln vorhandenen sog. remanenten Magnetismus werden in den Ankerwickelungen Wechselströme induziert, die auf einem Kollektor C gleich gerichtet werden. Der Strom durchfließt entweder im Haupt- oder im Nebenschluß die Wickelungen des Elektromagneten und verstärkt so den Magnetismus und damit wiederum die Stromstärke. Die Steigerung der Maschinenleistung geht bis zu einem gewissen Höchstmaß. Ist dieses erreicht, so wird der innere Stromkreis etwa durch Niederdrücken eines Unterbrechers, wie in der Figur angedeutet, geöffnet, und der ganze verfügbare Strom geht, verstärkt durch den Extrastrom, durch den äußeren Stromkreis $L\,L_1$.

Fig. 224. Schema der dynamoelektrischen Zündmaschine.

168. — Praktische Ausführung. Die Unterschiede der vielen verschiedenen dynamoelektrischen Zündmaschinen betreffen in der Hauptsache den Antrieb, der mittels Federkraft oder mit Hand durch Zahnstangen, Zahnrädervorgelege oder dergl. erfolgen kann, und ferner die Art der Stromunterbrechung, die selbsttätig nach einer gewissen Zeit vor sich geht oder von der Schnelligkeit der Drehung oder von der Stellung oder der Stromstärke der Maschine abhängig ist.

Der Glühzündmaschine von Siemens & Halske zu Berlin liegt der Gedanke zugrunde, die Wirksamkeit der Maschine von der Kraft und Geschicklichkeit des Bedienungsmannes unabhängig zu machen. Dies ist dadurch erreicht, daß die zur Erzeugung des elektrischen Stromes nötige Energiemenge vor dem Schießen durch Federkraft aufgespeichert und im Augenblicke der Sprengung durch den Druck auf einen Knopf ausgelöst wird. Die Feder läßt das Getriebe abschnurren und schaltet im Augenblicke der höchsten magnetischen Erregung den Strom auf die Zündanlage. Die Maschine wiegt 9,5 kg und zündet bei 17 Ohm Leitungswiderstand bis zu 80 Glühzündpatronen.

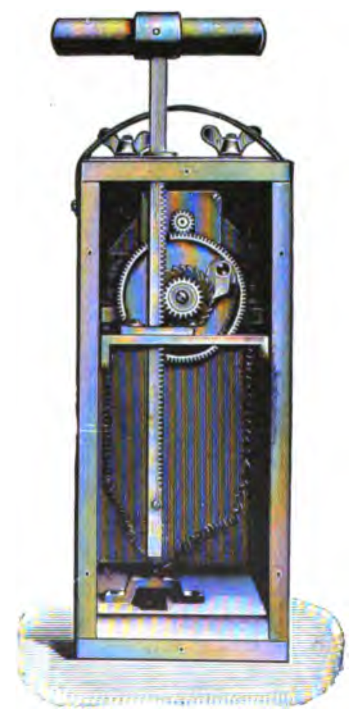


Fig. 225. Dynamoelektrische Zündmaschine mit Zahnstangenantrieb.

Viel gebraucht werden die Zahnstangenmaschinen, von denen eine in der Ausführung der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln in Fig. 225 dargestellt ist. Die Betätigung geschieht in der Weise, daß man die

Zahnstange soweit als möglich herauszieht, um sie alsdann mittels des Griffes kräftig nach unten zu stoßen. Zwischen das Antriebszahnrad, das mit der Zahnstange in Eingriff steht, und das große Zahnrad, das die Drehbewegung auf den Anker übermittelt, ist ein Sperrad mit Knaggenhebel geschaltet. Hierdurch ist erreicht, daß die Zahnstange ohne Bewegung des großen Rades und des Ankers nach oben gezogen werden kann und der Anker sich nur beim Niederstoßen der Zahnstange dreht. Es tritt also kein Wechsel der Polarität in der Maschine ein. Während des Niederstoßens der Zahnstange ist die Maschine kurz geschlossen. Sobald aber die Zahnstange am Ende ihres Weges angelangt ist und die höchste Geschwindigkeit erreicht hat, stößt sie auf eine unten angebrachte Feder und reißt diese von einem Stifte ab, wodurch der Strom unterbrochen und auf den äußeren Zündkreis geleitet wird.



Fig. 226. Dynamoelektrische Maschine mit Drillbohrerantrieb.

Bei dem Schraubenantrieb wird die Drehbewegung durch Niederstoßen einer Schraubenmutter auf einer steilgängigen Schraube eingeleitet und durch Zahnradgetriebe auf den Doppel-T-Anker übertragen (Fig. 226). Die Fabrik elektrischer Zünder zu Köln und die Dynamit-A.-G. Nobel zu Wien liefern solche Maschinen.

Während bei den bisher besprochenen Maschinen die Unterbrechung und Umschaltung des Stromes mechanisch geschieht, wird bei anderen Maschinen (z. B. denjenigen von Gomant in Paris) in besonderer Leitung zunächst ein Elektromagnet erregt, dessen Anker bei einer gewissen Stromstärke angezogen wird und den äußeren Stromkreis der Zündleitung schließt. Eine derartige Umschaltung entspricht den Anforderungen am besten, weil sie die Erreichung der erforderlichen Stromstärke zur Voraussetzung hat.

Galvanische Elemente.

169. — Allgemeines. Nasse Elemente und ebenso Akkumulatoren sind bisher für den Bergbau wenig benutzt worden, weil sie einer aufmerksamen Wartung und sorgsamen Behandlung bedürfen, die ihnen in der Grube nicht regelmäßig zuteil werden kann. Insbesondere kommt es

bei der Fortbewegung der Apparate leicht vor, daß die Flüssigkeit austritt und oxydierend auf die Metallteile, namentlich die Klemmen, einwirkt. Dagegen bewähren sich die Trockenelemente gut, da sie keiner Wartung bedürfen und ohne besondere Vorsicht transportiert werden können.

Die Elemente liefern Ströme von sehr niedriger Spannung, aber von einer für die Zündung von Sprengschüssen immerhin beträchtlichen Stärke. Infolge der geringen Spannung können diese Stromquellen nur für Zünder mit einem sehr niedrigen Widerstande in Frage kommen und werden deshalb ausschließlich für die Spaltglüh- und die eigentliche Glühzündung benutzt. Auch hierfür reicht aber die von einem einzigen Elemente gelieferte Spannung von 1—2 Volt mit Rücksicht auf den Widerstand der Leitungen in der Regel nicht aus, so daß man gezwungen ist, mehrere Elemente hintereinander zu schalten. Die Klemmenspannung steigt alsdann im selben Verhältnis wie die Zahl der Elemente.

Es ist zweckmäßig, regelmäßige Prüfungen der Trockenelemente auf Spannung und Stromstärke von Zeit zu Zeit vorzunehmen, damit das etwaige Unbrauchbarwerden des Zündapparates bei Zeiten gemerkt wird.

170. — **Praktische Ausführung.** Die Fabrik elektrischer Zünder in Köln, Siemens & Halske in Berlin und M. Grillo in Düsseldorf bringen Zündapparate mit Hellessen-Trockenelementen auf den Markt. Die Elemente besitzen Zink- und Kohlenelektroden. Der Elektrolyt ist teigiger, breiiger Natur und ist wasserdicht nach außen abgeschlossen. Jedes Element liefert etwa 1,3 bis 1,4 Volt Spannung bei 0,55—0,60 Ohm innerem Widerstande. Der kleinere Apparat, der für die gleichzeitige Zündung von 3 Schüssen bei 2 Ohm Leitungswiderstand bestimmt ist, ist in Fig. 227 dargestellt. Der Zinkblechkasten von 42 : 90 : 192 mm Größe enthält 5 Hellessen-Elemente, welche eine Spannung von 6,25 bis 7,25 Volt bei 2,75—3,0 Ohm innerem Widerstande ergeben. Der ganze Apparat wiegt nur 1,1 kg und hat sich seit Jahren durchaus bewährt.

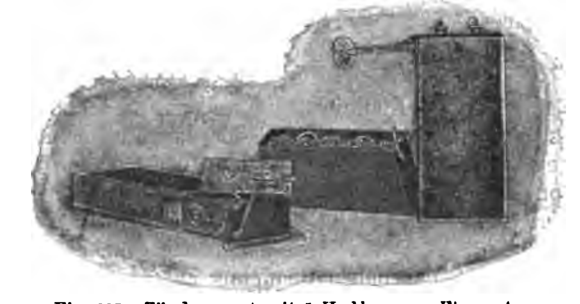


Fig. 227. Zündapparat mit 5 Hellessen-Elementen.

171. — **Kontakteinrichtungen.** Alle diese Apparate tragen als Besonderheit im Hartgummideckel des Kastens eine Kontakteinrichtung, die zumeist mittels abnehmbaren Schlüssels betätigt werden kann. Es hat dies den Zweck, bei Handhabung der Vorrichtung eine erhöhte Sicherheit dadurch zu schaffen, daß für das eigentliche Abtun der Schüsse ein besonderer Handgriff des Schießmeisters notwendig wird.

Da es sich als gefährlich erwiesen hat, im Falle von Versagern die Zündmaschine in Verbindung mit der Leitung zu lassen (vergl. S. 230), hat die Firma M. Grillo zu Düsseldorf die eigenartigen, von L. Lisse an-

gegebenen, klemmenlosen Zündmaschinen mit federnden Polträgern eingeführt. Statt der Klemmen besitzt die Batterie zwei gut vernickelte, durch Spiralfedern getragene Druckknöpfe *a* (Fig. 228). Diese haben eine platinarmierte Unterfläche, welche gegen eine ebenfalls mit Platin versehene Stiftschraube *b* gedrückt werden kann, so daß eine gut leitende Verbindung erzielt wird. Zum Abtun des Schusses legt der Schießmeister je ein Ende der beiden Leitungsdrähte auf die Druckknöpfe und drückt

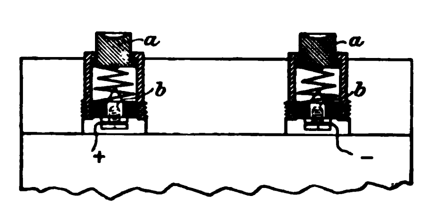


Fig. 228. Federnde Polträger.

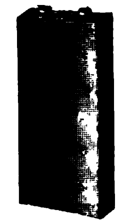


Fig. 229. Klemmenlose Zündmaschine.

letztere mit den aufgelegten Drähten gleichzeitig kräftig nieder, bis der Schuß erfolgt. Durch bloßes Nachlassen des Druckes wird der Stromkreis sogleich an 4 Stellen unterbrochen, und das Sitzenlassen von Drähten ist unmöglich, weil eine feste Verbindung überhaupt nicht hergestellt werden kann. Dabei ist die Handhabung einfach, schnell und sicher. Der in Fig. 229 dargestellte Apparat wiegt 1 kg und leistet bis zu 3 Schuß gleichzeitig.

Benutzung einer Starkstromleitung als Stromquelle.

172. — **Ausführung und Nachteile des Verfahrens.** Bisweilen ist es möglich, durch Anschluß der Schußreihe an ein elektrisches Leitungsnetz für Beleuchtung oder Kraftübertragung die Beschaffung einer besonderen Zündmaschine zu ersparen. Obwohl dieses Verfahren besonders einfach zu sein scheint, so ist es doch nicht unbedenklich und wird nur mit besonderer Vorsicht zu handhaben sein. Die Zünderdrähte müssen eine sorgfältige, der hohen Spannung entsprechende Isolation besitzen. Wenn eine Zündleitung bereits an das Leitungsnetz angeschlossen ist, so kann möglicherweise durch Erdleitung der andere Zweig der Zündleitung früher, als es beabsichtigt ist, Strom erhalten, so daß die Schüsse zu früh kommen und Unglücksfälle hervorrufen können. Zweckmäßig werden deshalb besondere Einschaltvorrichtungen, die beide Zündleitungen gleichzeitig an das Hauptleitungsnetz anschließen und wieder davon trennen, benutzt.

In der Regel wird es einfacher und sicherer sein, an Stelle des Hauptleitungsnetzes besondere Zündmaschinen als Stromquellen zu gebrauchen, die ohne Gefahr gehandhabt werden können und an Einfachheit und Billigkeit nur wenig zu wünschen übrig lassen.

c) Elektrische Zünder.

173. — **Allgemeine Beschreibung.** Die elektrischen Zünder oder elektrischen Sprengkapseln bestehen aus den beiden Zuleitungsdrähten, dem Zündsatze, in den die beiden Drähte mit ihren Enden oder Polen

münden, und der eigentlichen Sprengkapsel. Durch die Wirkung des elektrischen Stromes kommt der Zündsatz zur Entflammung. Dieser zündet die mit Knallquecksilber gefüllte, eigentliche Sprengkapsel und letztere die Sprengladung. Die Zünder für Schwarzpulver und ähnliche Sprengstoffe bedürfen der Sprengkapsel nicht, da Pulver schon durch die Flamme des Zündsatzes zur Explosion kommt.

174. — Eigentliche Sprengkapsel. Die Kapselstärke der elektrischen Zünder ist natürlich je nach der Art der gebrauchten Sprengstoffe verschieden. Die Zünder werden entweder in fester Verbindung mit der Sprengkapsel in den Handel gebracht oder sind so eingerichtet, daß die Kapsel erst am Orte der Sprengung von dem Arbeiter auf den Zünder gesetzt wird, ähnlich wie dies bei Verwendung von Zündschnüren auch geschieht. Die Herstellung, der Transport und die Lagerung der eigentlichen Zünder sind in letzterem Falle völlig ungefährlich und von den lästigen, für Sprengkapseln bestehenden, gesetzlichen Fesseln befreit. Beim Fertigmachen des Schusses wird das Zünderende mit Zündsatz und Kapsel in die Sprengpatrone versenkt und das Patronenpapier zweckmäßig darüber festgebunden, um dem Zünder einen Halt während des Besetzens zu geben.

175. — Zünderdrähte. Die Zuleitungsdrähte müssen so lang sein, daß sie von der Sprengladung bis vor die Bohrlochsmündung reichen und hier eine bequeme Verbindung untereinander und mit den Leitungsdrähten gestatten. Gewöhnlich wählt man sie 1,0—1,5 m lang. Die Drähte bestehen aus Eisen- oder Kupferdraht. Für Zünder mit niedrigem Widerstande (also für Glühzündungen) ist bei gleichzeitigem Abtun vieler Schüsse Kupferdraht empfehlenswert, damit der Widerstand der Drähte nicht zu groß im Verhältnis zu demjenigen der Zünder selbst wird. Für Funken- und Spaltglühzünder ist Eisendraht ohne Bedenken und in Anbetracht der geringeren Kosten vorzuziehen. Die Isolierung der Drähte voneinander erfolgt durch Guttaperchaüberzug, Baumwollumspinnung, Bandgeflecht, Papierumhüllung oder Holzstäbe.



Fig. 230. Schaft eines Zünders mit Papierwickelung.



Fig. 231. Stabzünder.

Die einfach durch Guttapercha oder Umspinnung isolierten Drähte sind sehr biegsam. Beim Besetzen des Schusses ist Achtsamkeit erforderlich, damit die Drähte nicht im Besatze zusammengestaucht werden. Bei Benutzung von Papierwickelungen als Isolation erhalten die Zünder die Form eines biegsamen Schaftes (Schaftzünder, Fig. 230). Die Zünderdrähte werden in einen schmalen Pappstreifen so eingewickelt, daß zwischen sie nur die einfache Pappstärke zu liegen kommt. Die Schaftzünder vereinigen eine für die Arbeit des Besetzens angenehme Steifigkeit mit der Möglichkeit, sie für den Transport zu einem Ringe zusammenbiegen zu können. Bei den Stabzündern (Fig. 231) sind die

Drähte in seitliche Rillen eines Holzstabes gelegt, worauf der Stab mit paraffiniertem Papier umklebt ist. Die Zünder sind beim Besetzen bequem, aber teuer und für den Transport in der Grube zu sperrig.

176. — **Zündsatz.** Der Zündsatz besteht in der Regel aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, wozu zur Herabminderung des elektrischen Widerstandes Holzkohle, Metallstaub, Halbschwefelkupfer oder ähnliche Körper gesetzt werden. Für Glühzünder wird als Zündsatz auch Schießwolle viel benutzt.

177. — **Funken- und Spaltglühzünder.** Der Spalt, den der Funke im Zünder überspringen muß und der vom Zündsatze ausgefüllt ist, besitzt eine Breite von 1—0,1 mm. Bei dem Bornhardtschen Funkenzünder (Fig. 232) sind zwei mit Guttapercha überzogene Kupferdrähte *dd* an dem einen Ende zusammengedreht und mit einer Zange scharf abgekniffen, so daß der elektrische Funke von einem Drahtende zum anderen überspringen kann. Das so hergerichtete, gemeinschaftliche Ende der Drähte taucht in einen Zündsatz *b* ein, welcher die mittlere Füllung der mit dem Knallsatz *a* versehenen, kupfernen Sprengkapsel *k* bildet. Der obere Verschluß der Kapsel ist durch einen langsam erhärtenden Kitt und durch Ankneifen der Kapsel bei *c* hergestellt.

Fig. 232. Bornhardtscher Funkenzünder.

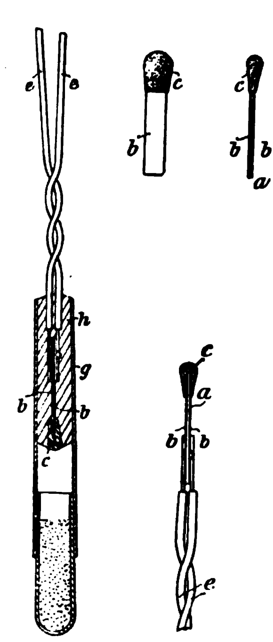


Fig. 233. Zünder der Fabrik elektrischer Zünder im Schnitt und einzelnen Teilen.

In den letzten Jahren haben die Zünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln eine sehr starke Verbreitung gefunden, die in der Fig. 233 in einzelnen Teilen und im Schnitt dargestellt sind. Auf eine Kartonpapierschicht *a* sind beiderseits Metallblättchen *bb* geklebt. Die ausgestanzten Blättchen werden nach Art der Streichhölzer durch Eintauchen mit einem Zündsatz *c* versehen, dessen Zusammensetzung und Leitungsfähigkeit je nach der Art der herzustellenden Zünder verschieden ist. Zum Schutze gegen Feuchtigkeit wird der Zündkopf mit einem Lacküberzug versehen. Die Verbindung der Zuleitungsdrähte *ee* mit den Metallbelegungen *bb* erfolgt durch Lötung. Das Ganze wird unter Einbettung in eine Schwefelgußmasse *h* in eine paraffinierte Papp- oder Metallhülse *g* eingeführt, wobei die äußerste Spitze des Zündkopfs *c* eben aus dem umgebenden Guß hervorsteht und so gegen die einzusetzende

Sprengkapsel gerichtet ist. Diese Zünder besitzen den Vorteil, daß sie außergewöhnlich gleichmäßig hergestellt werden können und daß die Polstellung während und nach der Fabrikation genau bestehen bleibt.

178. — Glühzünder. Bei den Glühzündern ist, wie schon gesagt, keine Unterbrechung des äußeren, metallischen Stromkreises vorhanden, sondern die beiden Polenden sind durch ein sehr feines Platindrähtchen miteinander verbunden. Die Stärke der in dem Zünder verwandten Platindrähte schwankt zwischen 0,03 und 0,05 mm, die Länge zwischen 2 und 11 mm. Zu kurz darf man die Drähtchen nicht wählen, da sonst die Abkühlung nach den Polenden zu stark ist; zu lang ebenfalls nicht, da sonst die sichere Unterbringung im Zünder Schwierigkeit macht. Die Drähtchen werden gewöhnlich durch Anlöten an den Polenden befestigt. Der elektrische Widerstand wird auf etwa $^1/_8$—1 Ohm bemessen. Wenn die Zünder, wie es in der Regel der Fall sein wird, für das gleichzeitige Abtun mehrerer Schüsse gebraucht werden sollen, so kommt es auf tunlichste Gleichmäßigkeit der Widerstände an. Die Gleichmäßigkeit genügt, wenn die Unterschiede 0,05 Ohm nicht übersteigen.

Die Fig. 234 zeigt einen Glühzünder der Firma Siemens & Halske. Es sind *a* die beiden Zünderdrähte, *P* das die Polenden verbindende Platindrähtchen, *b* ein Papierbund, *c* eine Papierhülse, *f* langfaserige, um das Platindrähtchen gewickelte Schießbaumwolle, *e* die Sprengkapsel.

Die Glühzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln entsprechen völlig der auf S. 216 gegebenen Beschreibung. Nur sind die beiden Metallblättchen, wie Fig. 235 zeigt, durch ein angelötetes, bügelförmig gebogenes Platindrähtchen miteinander verbunden.

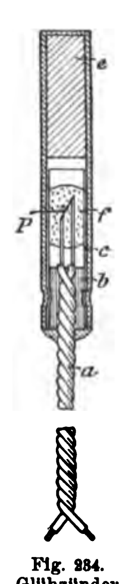


Fig. 234. Glühzünder von Siemens & Halske.

Fig. 235. Glühzünder der Fabrik elektrischer Zünder.

179. — Zeitzünder. Die sog. Zeitzünder haben den Zweck, beim Zünden mehrerer Schüsse ein Kommen derselben mit Zeitunterschieden zu bewirken. Zu diesem Zwecke wird zwischen den eigentlichen Zünder und die Sprengkapsel ein Stückchen Zündschnur geschaltet. Der bei allen Schüssen gleichzeitig gezündete Zündsatz bringt die Zündschnur ins Brennen. Je nach der Länge der letzteren kann die Explosion der Sprengkapsel verzögert werden. Man kann ebensowohl Funken- wie Spaltglüh- oder Glühzünder für die Zeitzündung benutzen. In der Regel pflegt man Glühzünder dafür zu wählen.

Bei den Zeitzündern ist es wichtig, daß möglichst bald nach der Entflammung des Zündsatzes die Verbindung zwischen Zünder und Zündschnur gelöst wird, damit, wenn beim Fallen des ersten Schusses etwa die

übrigen Zünderdrähte aus den Bohrlöchern gerissen werden sollten, die Zündschnur mit der Kapsel im Loche verbleiben kann. Aus demselben Grunde ist es nicht ratsam, Zeitzünder gemeinsam mit gewöhnlichen, sofort kommenden Zündern zu benutzen. Den Zündschnüren pflegt man bei Zeitzündern Längen von 20—50 cm zu geben.

Die Figuren 236 und 237 zeigen einen Zeitzünder der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln, dem aber die Sprengkapsel noch nicht

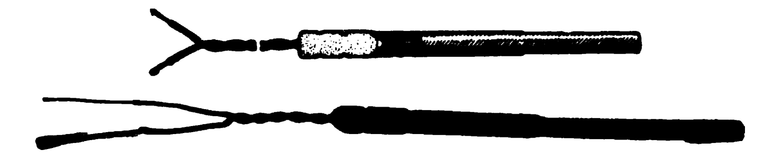


Fig. 236 und 237. Zeitzünder der Fabrik elektrischer Zünder in Schnitt und Ansicht.

aufgesetzt ist. Die die Zündschnur in der Hülse haltende Verkittung ist leicht schmelzbar, so daß alsbald nach der Entflammung die Lösung der Schnur von der Hülse erfolgt. Für die Verbrennungsgase sind Abzugöffnungen in der Hülse vorgesehen.

d) Leitungen.

180. — Material und Leitungswiderstand. Für die Leitungen kommt als Material hauptsächlich Eisen- und Kupferdraht in Betracht. Kupfer ist teurer, leitet aber die Elektrizität erheblich besser als Eisen. In der folgenden Zusammenstellung sind für je 100 m Leitungsdraht, entsprechend einer Entfernung von 50 m vom Schußorte, die Widerstände von Eisen und Kupfer für einige Drahtdicken angegeben:

Drahtstärken:	Widerstände von 100 m langen Drähten:	
	Verzinkter Eisendraht Ohm	Kupferdraht Ohm
0,7 mm Durchmesser	31,2	4,70
1,0 „ „	15,2	2,30
1,2 „ „	10,6	1,60
1,5 „ „	6,8	1,00
2,0 „ „	3,8	0,57
4 Drähte von je 1,5 mm Durchmesser	1,7	0,25

181. — Bedeutung des Leitungswiderstandes. Der Widerstand der Leitungen fällt um so mehr ins Gewicht, je niedriger die Widerstände der Zünder sind. Beträgt z. B. der Widerstand eines Glühzünders nur 1 Ohm und der Widerstand einer 1 mm dicken Eisendrahtleitung nach obiger Tabelle dagegen 15,2 Ohm, so würde das ein Mißverhältnis sein. Denn die Stromquelle müßte allein mit Rücksicht auf den hohen Widerstand der Leitung groß und stark gewählt werden. Man wird also in solchem Falle lieber erheblich dickeren Eisendraht oder die teurere

Kupferleitung wählen. Beträgt aber der Widerstand eines Funkenzünders 1000000 Ohm, so ist es völlig gleichgültig, ob als Leitungswiderstand noch 2 oder 15 Ohm hinzukommen. Alsdann ist Eisendraht gleichwertig und in Berücksichtigung des Kostenpunktes vorzuziehen. Überhaupt kommt man meist mit Eisendrahtleitungen aus, wenn man sie genügend stark wählt. Gut bewährt haben sich aus mehreren Eisendrähten bestehende Litzen, wozu z. B. alte Bremsbergseile benutzt werden können Bei Glühzündanlagen soll der Widerstand der Leitungen etwa 10 Ohm nicht übersteigen.

182. — Isolation der Leitungen. Die Leitungen erhalten entweder eine Isolation oder sind einfache, blanke Drähte. Ob die Isolation notwendig ist oder nicht, hängt von den Spannungs- und Kurzschlußverhältnissen der Zündanlage ab.

Nehmen wir an, daß in einer Zündanlage der Widerstand der Zünder 3 Ohm und derjenige der Leitung 2 Ohm beträgt und daß die ungenügend isolierte Leitung über einen feuchten Streckenstoß geführt wird, der einen Kurzschluß mit 5000 Ohm Widerstand bildet. An dieser Stelle würde sich sodann ein Stromverlust ergeben, der sich zu der durch Zünder und Leitung gehenden Strommenge umgekehrt wie das Verhältnis der genannten Widerstände, also wie 5 : 5000 verhält. Ein solcher Verlust ist nicht nennenswert und spielt keine Rolle.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn, wie bei der Funkenzündung, für den oder die Zünder allein ein Widerstand von 1000000 Ohm anzunehmen ist. Wenn hier der hochgespannte Strom zwischen Maschine und Zünder eine ungenügend isolierte Stelle mit nur 5000 Ohm Widerstand findet, so würde sich der Stromverlust zu der nutzbaren Strommenge wie 1000000 : 5000 verhalten. Der Schuß würde also nicht kommen.

Bei niedrigen Widerständen von Zündern und Leitungen darf man also blanke Leitungen anwenden. Je höher die Widerstände werden und je mehr Zünder man hintereinander schaltet, eine desto größere Wichtigkeit erlangt die Isolation. Die Kurzschlußgefahr in den Strecken ist bei Anwendung von blanken Leitungen naturgemäß sehr verschieden. Besonders groß ist sie in nassen Strecken und bei Verlegung der Leitungen auf der Sohle. In der Regel ist es bei Verwendung blanker Drähte zweckmäßig, an jedem Stoß je eine Leitung zu verlegen.

Zur Isolation der Leitungen verwendet man die bekannten Mittel der Umspinnungen, Guttaperchaumhüllungen, Papierwickelung u. dergl. Bei den Zwillingskabeln sind Hin- und Rückleitung in einem Strange untergebracht. Dieselben bewähren sich für Sprengzwecke wenig, weil infolge der unvermeidlichen Verletzungen leicht Kurzschlüsse auftreten und das Auffinden der Fehlerstelle infolge der sie verbergenden Isolation erschwert und zeitraubend ist. Besser eignen sich Zwillingskabel mit nur einem gut isolierten und umflochtenen Drahte und einem als Rückleitung darum gewickelten blanken Drahte (Fig. 238), da bei solchen Kabeln etwaige Fehler viel leichter gefunden werden können.



Fig. 238. Zwillingskabel mit einer blanken Leitung.

183. — Verbindung der Leitungen. Die Verbindung einzelner Leitungsenden untereinander sowohl wie die Verbindung der Leitungen mit der Maschine und mit den Zünderdrähten muß um so sorgfältiger



Fig. 239. Schlechte Leitungsverbindung.

geschehen, je niedriger gespannt die zur Verwendung kommende Elektrizität ist. Namentlich dürfen dann die Drähte nicht, wie es Fig. 239 zeigt, einfach ineinander gehakt, sondern sie müssen sorgfältig miteinander ver-

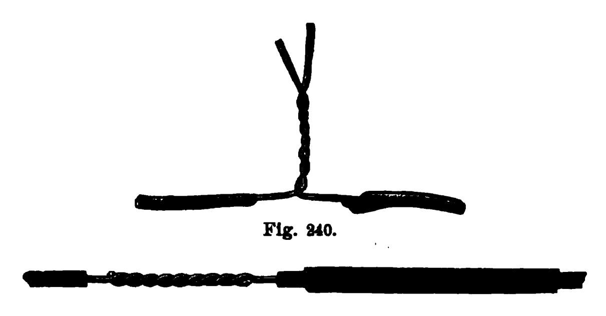


Fig. 240.

Fig. 241.
Richtige Leitungsverbindungen.

dreht werden (Figuren 240 und 241). Tragen die Drähte eine Oxydationsschicht, so sind sie vorher durch Kratzen davon zu befreien. Sonst könnte die Verbindungsstelle allein einen Widerstand besitzen, der denjenigen der ganzen übrigen Zündanlage erreicht oder gar übersteigt.



Fig. 242. Isolierte Verbindungsstelle.

Besteht die Gefahr, daß von der Verbindungsstelle aus wegen mangelnder Isolation Kurzschluß entstehen könnte, so ist die zusammengedrehte Verbindungsstelle noch besonders durch Umwickeln mit Kautschukband oder mit einem Gummischlauch, wie es die Figuren 241 und 242 zeigen, zu isolieren.

e) Hilfsapparate für die elektrische Zündung.

184. — Der Zünder- oder Leitungsprüfer. Der Zünder- oder Leitungsprüfer dient zur Prüfung von einzelnen Glühzündern, Leitungen und ganzen Glühzündanlagen. In dem unteren Teile des Gehäuses (Fig. 243) befindet sich ein leicht auswechselbares Trockenelement, das den für die Untersuchung nötigen schwachen, für die Zündung einer Sprengkapsel nicht ausreichenden Strom liefert. Zwischen den beiden oben sichtbaren Klemmschrauben ist ein Galvanoskop angebracht, dessen

Nadel einen Ausschlag zeigt, sobald von Klemme zu Klemme durch einen angeschlossenen äußeren Stromkreis Strom fließt.

Glühzünder und ganze Glühzündanlagen untersucht man in der Art, daß man die Leitungsenden an die Klemmen hält. Die Nadel muß alsdann ausschlagen, wenn der Stromkreis in Ordnung ist.

Bei Prüfung von nicht verbundenen Leitungen darf der Apparat dagegen keinen Ausschlag zeigen. Andernfalls wäre ein Kurzschluß vorhanden.



Fig. 243. Zünderprüfer.

185. — Minenprüfer von Lisse. Der Lissesche Minenprüfer, ein Ohmmeter, zeigt nicht allein das Fließen des Stromes, sondern auch den jeweiligen Widerstand des Stromkreises an (Fig. 244). Die Handhabung möge aus einem Beispiel erhellen:

Bei einem Schachtabteufen stellt man zunächt den Widerstand der Leitungen für alle ferneren Messungen fest, nachdem man die Enden der Kabel auf der Schachtsohle miteinander verbunden hat. Derselbe sei, über Tage gemessen, 10 Ohm. Für eine Sprengung sollen 15 Schuß angeschlossen werden. Der Widerstand der einzelnen Zünder mit je 1 Ohm beträgt 15 Ohm. Der Prüfer muß also insgesamt 25 Ohm Widerstand anzeigen. Zeigt er etwa 35 Ohm an, so ist die Verbindung der Zünder unter sich oder mit der Leitung schlecht; bei nur 20 Ohm Widerstand sind nicht alle Zünder eingeschaltet; bei 10 Ohm liegt wahrscheinlich Kurzschluß am Ende der Leitung und bei weniger als 10 Ohm in der Leitung selbst vor. Entspricht der festgestellte Widerstand den zu erwartenden 25 Ohm, so kann auf sichere Zündung zuverlässig gerechnet werden.

Der Prüfer ist insbesondere für Schachtabteufen sehr empfehlenswert. Er leitet die Schießmannschaft zur Achtsamkeit an und erleichtert die Überwachung. Geliefert wird er von M. Grillo zu Düsseldorf.

Fig. 244. Minenprüfer von Lisse.

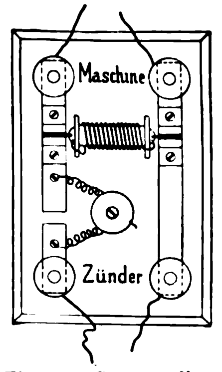


Fig. 245. Stromquellenprüfer.

186. — Stromquellenprüfer. Zur Prüfung der Zündmaschinen auf ihre Wirksamkeit verwendet man die Stromquellenprüfer der Fabrik elektrischer Zünder zu Köln. Sie bestehen aus einem Schaltbrett (Fig. 245),

auf dem je nach Größe und Art der zu prüfenden Stromquelle verschieden große Widerstandsrollen, entsprechend dem zulässigen, höchsten Leitungswiderstande, und außerdem künstliche Nebenschlüsse in der Größe, wie sie in nassen Gruben vorkommen, eingeschaltet werden können. Jede Stromquelle, die noch imstande ist, durch einen angemessenen Widerstand trotz eines gewissen Nebenschlusses einen bestimmten Normalzünder



Fig. 246. Prüfung einer Stromquelle.

zu zünden, kann als gebrauchsfähig für die Grube gelten. Fig. 246 zeigt die Handhabung des Prüfers.

Für Trockenelemente empfiehlt es sich, durch Volt- und Ampèremesser von Zeit zu Zeit Spannung und Stromstärke festzustellen, um unbrauchbar werdende oder gewordene Elemente rechtzeitig auswechseln zu können.

f) Die Schaltung der Sprengschüsse.

187. — Schaltungsweisen. Sollen mehrere Schüsse gleichzeitig gezündet werden, so können die Zünder auf verschiedene Weise an die Zündleitung angeschlossen oder in diese eingeschaltet werden. Nehmen wir an, daß 6 Schüsse gleichzeitig gezündet werden sollen, so zeigt Fig. 247 die Hintereinanderschaltung, Fig. 248 die Parallelschaltung und die Figuren 249 und 250 die gruppenweise Parallelschaltung mit 2 und 3 Gruppen. Im Bergbau am bekanntesten ist die Hintereinanderschaltung, auch Reihen- oder Serienschaltung genannt. Es ist dies eine einfache, leicht verständliche Schaltung, die am wenigsten zu Irrtümern Anlaß gibt. Sie ist jedoch, was die Ausnutzung des verfügbaren Stromes und

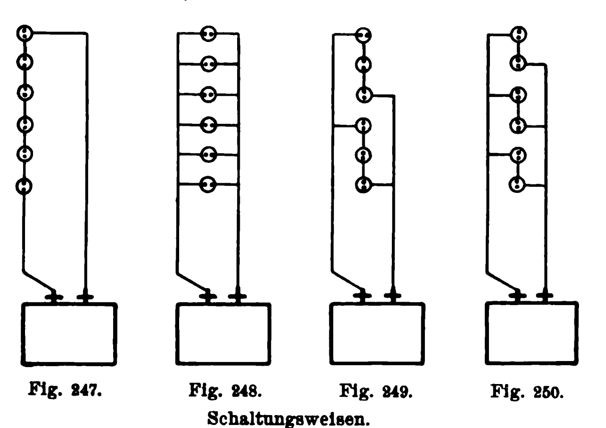


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249. Fig. 250.
Schaltungsweisen.

die Zündsicherheit betrifft, nicht in allen Fällen die günstigste, wie die folgenden Überlegungen zeigen.

188. — Schaltung und Stromstärke. Nach dem Ohmschen Gesetze läßt sich die Stärke i des durch die Zündanlage fließenden Stromes ausdrücken durch die an der Stromquelle verfügbare Spannung e, dividiert durch den Widerstand w der Zündanlage. Der Widerstand w setzt sich aus dem inneren Widerstande r_i der Stromquelle und dem Widerstande der Zünder selbst zusammen, wobei wir zunächst annehmen wollen, daß der Leitungswiderstand so gering ist, daß er vernachlässigt werden kann. Wir haben dann also, wenn nur ein Zünder mit dem Widerstande r_z an an die Stromquelle angeschlossen ist:

$$i = \frac{e}{r_i + r_z}.$$

Bei mehreren, gleichzeitig zu zündenden Schüssen stellt sich die Stromstärke je nach der Schaltung verschieden. Wir wollen für die obige Annahme, daß 6 Schüsse zu zünden sind, die Formeln der Stromstärke für jede Schaltungsweise aufstellen.

Bei der Schaltung nach Fig. 247 wird die Stromquelle einen Strom liefern, dessen Stärke sich wie folgt ausdrücken läßt:

$$i = \frac{e}{r_i + 6\,r_z} \quad \ldots\ldots\ldots\ 1.$$

Die übrigen Schaltungen ergeben in den Hauptzuleitungen folgende Stromstärken:

$$i = \frac{e}{r_i + \frac{r_z}{6}} \quad \text{(nach Fig. 248)} \ \ldots\ldots\ 2.$$

$$i = \frac{e}{r_i + \frac{3\,r_z}{2}} \quad \text{(nach Fig. 249)} \ \ldots\ldots\ 3.$$

$$i = \frac{e}{r_i + \frac{2\,r_z}{3}} \quad \text{(nach Fig. 250)} \ \ldots\ldots\ 4.$$

Ist nun der innere Widerstand r_i der Stromquelle sehr groß im Verhältnis zu dem Zünderwiderstande, so schadet es nichts, wenn man die Zünder nach Formel 1 hintereinander schaltet. Die Stromstärke wird nicht in merklichem Maße ungünstig beeinflußt. Dagegen kommt in jedem Zünder der volle Strom zur Geltung. Würde man in solchem Falle die Zünder parallel schalten wollen (Formel 2), so würde man den Widerstand des Stromkreises nur wenig herabsetzen und daher die Stromstärke nur unwesentlich erhöhen, auf der anderen Seite aber jeden Zünder, wenn wir uns Fig. 248 vergegenwärtigen, nur je $^1/_6$ des Gesamtstromes zukommen lassen. Unter diesen Voraussetzungen bekommt also bei Hintereinanderschaltung der einzelne Zünder annähernd 6 mal soviel Strom als bei der Parallelschaltung.

Umgekehrt liegt das Verhältnis, wenn der innere Widerstand der Stromquelle sehr niedrig und der Widerstand der Zünder unverhältnis-

mäßig hoch liegt. Alsdann wird bei Hintereinanderschaltung die Stromstärke sehr gering, während sie bei Parallelschaltung infolge des niedrigen Widerstandes des Stromkreises sehr groß wird, so daß der einzelne Zünder weit mehr Strom als bei der Hintereinanderschaltung erhält.

Wir haben also die Regeln:

Ist der innere Widerstand der Stromquelle sehr groß im Verhältnis zum Widerstande der Zünder, so ist Hintereinanderschaltung vorzuziehen; ist er dagegen im Verhältnis zum Zünderwiderstande sehr klein, so ist es vorteilhaft, Parallelschaltung zu wählen.

Ist der innere Widerstand der Stromquelle weder besonders klein noch besonders groß im Verhältnis zum Zünderwiderstande, so kann man gruppenweise Parallelschaltung wählen.

Diese allgemeinen Regeln lassen natürlich für den Einzelfall keinen unmittelbaren Schluß zu. Vielmehr muß man für gegebene Verhältnisse bei wichtigen Sprengungen die Rechnung anwenden und hierbei insbesondere auch die Spannung der Elektrizität und den Widerstand der Zündleitung berücksichtigen.

Kennt man die zu erwartende Klemmenspannung, den inneren Widerstand der Stromquelle und den Widerstand der Zündleitung und der Zünder, so ist es für den einzelnen Fall nicht schwer, an der Hand der Formel für das Ohmsche Gesetz das günstigste Schaltungsverhältnis zu finden.

189. — Sonstige Gesichtspunkte bei der Wahl der Schaltung. Neben den theoretischen kommen aber noch praktische Gesichtspunkte bei der Wahl der Schaltungsweise in Betracht. So ist zu beachten, daß Funken- und Spaltglühzünder nicht mit gleichen Widerständen hergestellt werden können. Nur bei Glühzündern wird durch sorgfältige Aussortierung der mit zu hohem oder zu niedrigem Widerstande behafteten Zünder eine annähernde Gleichmäßigkeit erreichbar sein. Ferner ist zu berücksichtigen, daß bei vielen Zündmaschinen der Zündungsstrom nicht im ersten Augenblicke gleich mit der vollen Stärke die Zündanlage durchfließt, sondern daß ein, wenn auch schnell verlaufendes, so doch immerhin allmähliches Anwachsen der Stromstärke stattfindet.

Sehen wir nun zu, wie für die verschiedenen Zündungsarten sich die Verhältnisse gestalten werden:

Bei der Funkenzündung liefern die reibungselektrischen Maschinen bei sehr großem inneren Widerstande einen außerordentlich hoch gespannten Strom. Danach ist also hier die Reihenschaltung in erster Linie in Betracht zu ziehen. Ferner erfolgt die Wirkung der Elektrizität durch einen einzigen, augenblicklichen Funken, der sofort die nötige Stärke besitzt, um sämtliche Zünder gleichzeitig zur Explosion zu bringen. Etwaige Unterschiede in den Widerständen der Zünder schaden also nichts, und es steht auch in dieser Hinsicht nichts im Wege, Reihenschaltung anzuwenden. Parallelschaltung ist nicht anwendbar, weil sie für den einzelnen Zünder zu wenig Strom liefert und weil sie bei Unterschieden in den Widerständen der Zünder leicht zur Folge hätte, daß nahezu der ganze Funken auf einen einzigen Zünder, der einen besonders niedrigen Widerstand hat, verbraucht würde.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei der Spaltglühzündung. Ob Reihen-, Parallel- oder gruppenweise Parallelschaltung aus theoretischen Gründen vorzuziehen ist, hängt von der Stromspannung und den jeweiligen Widerständen der Stromquelle, der Leitungen und der Zünder ab und kann durch Rechnung ermittelt werden. Praktisch wird man aber in den meisten Fällen bei dieser Zündungsart auf Parallelschaltung abkommen müssen. Der von den üblichen Zündmaschinen gelieferte Strom besitzt nicht im ersten Augenblicke die plötzliche, volle Wirkung des elektrischen Funkens, sondern nimmt nur allmählich die volle Stärke an. Die Widerstände der Zünder können aber nicht so gleichmäßig gehalten werden, daß beim Einsetzen des Zündstromes auf ein gleichzeitiges Kommen aller Schüsse ohne Unterbrechung der Reihenschaltung mit Sicherheit zu rechnen ist. Vielmehr kommen die Zünder mit hohen Widerständen zuerst, unterbrechen den Stromkreis, und die übrigen Schüsse versagen. Möglich erscheint die Reihenschaltung nur in solchen Fällen, wenn Trockenelemente gebraucht werden oder durch ein völlig selbsttätiges Eingreifen der Maschine ein besonders starker Strom sehr plötzlich auf die Zündanlage geschaltet werden kann.

Dagegen liegen die Verhältnisse für Parallelschaltung günstiger. Hierbei erhalten die Zünder mit niedrigen Widerständen von vornherein mehr Strom als diejenigen, die mit hohen Widerständen behaftet sind. Bis zu einem gewissen Grade gleichen sich also die Ungleichmäßigkeiten der Widerstände durch die Stromverteilung aus. Außerdem bleibt die Möglichkeit, daß die Schüsse in ganz kurzen, mit dem Gehör freilich nicht merkbaren Zeitunterschieden hintereinander kommen, da ja die Stromleitung durch das Erglühen eines Zünders für die übrigen Schüsse noch nicht unterbrochen wird. Eine tatsächliche Unterbrechung des Stromkreises ist erst durch die verhältnismäßig spät sich bemerkbar machende Sprengwirkung des zuerst gezündeten Schusses zu befürchten. Die Schüsse kommen also vielleicht nicht völlig gleichzeitig, bleiben aber auch nicht ganz aus. Eine gewisse Gleichmäßigkeit in den Zünderwiderständen bleibt aber in jedem Falle die Voraussetzung, da allzu große Verschiedenheiten auch durch Parallelschaltung nicht mehr ausgeglichen werden können.

In der Regel bleibt also für Spaltglühzündung die Parallelschaltung zu empfehlen. Insbesondere gilt dies für Spaltglühzünder, die verhältnismäßig niedrige Widerstände besitzen, während für Zünder mit hohen Widerständen, ähnlich wie für die Funkenzünder, Reihenschaltung angebracht sein kann.

Bei der Glühzündung schließlich kann die Gleichmäßigkeit der Zünderwiderstände so weit getrieben werden, daß von vornherein alle Arten der Schaltung möglich erscheinen. Je nach der Art der Stromquelle, den Widerständen der Leitung und der Zünder und der Zahl der letzteren kann man entweder Reihen- oder Parallel- oder gruppenweise Parallelschaltung anwenden. Nur wird man der Vorsicht halber zwecks Ausgleichs der niemals ganz zu vermeidenden Unterschiede in den Zünderwiderständen bei Reihenschaltungen einen höheren Strombedarf in die Rechnung einzusetzen haben, als es in Berücksichtigung des einzelnen Zünders nötig

scheinen würde. Wenn z. B. der Einzelzünder 0,45 Ampère gebraucht, so tut man gut, bei Hintereinanderschaltung

für 3 Schuß	0,6 Ampère,
„ 6 „	0,8 „
„ 12—15 Schuß	1,0 „
und für noch mehr Schüsse	1,2—1,5 Ampère

Stromstärke vorzusehen.

Beispiel: Es sollen zehn Schuß gleichzeitig mittels Glühzündung abgegeben werden. Die dynamoelektrische Zündmaschine liefere 30 Volt Spannung und besitze einen inneren Widerstand von 5,6 Ohm.

Die Entfernung bis zum Schutzorte sei 100 m, so daß eine 1 mm dicke Leitung aus Kupferdraht 4,6 Ohm Widerstand besitzt. Die einzelnen Glühzünder sollen $1^1/_2$ m lange Eisendrähte von 0,7 mm Dicke besitzen. Der Widerstand des einzelnen Zünders samt seinen Drähten sei 1,8 Ohm.

Bei Hintereinanderschaltung aller 10 Schüsse erhalten wir folgende Stromstärke:

$$i = \frac{30}{5,6 + 4,6 + 18} = \frac{30}{28,2} \text{ Ampère.}$$

Die Schüsse werden also kommen.

Parallelschaltung ergibt insgesamt:

$$i = \frac{30}{5,6 + 4,6 + \frac{1,8}{10}} = \frac{30}{10,38} \text{ Ampère,}$$

was für den einzelnen Zünder aber nur rund $^3/_{10}$ Ampère ausmacht. Parallelschaltung ist also unzulässig.

Bei Parallelschaltung von zwei Gruppen zu je fünf Schuß stellt sich die Rechnung wie folgt:

$$i = \frac{30}{5,6 + 4,6 + \frac{9}{2}} = \frac{30}{14,7} \text{ Ampère,}$$

wovon jede Schußreihe die Hälfte mit

$$\frac{15}{14,7} \sim 1 \text{ Ampère,}$$

also einen für eine Reihe von nur 5 Schüssen reichlich starken Strom erhält.

In diesem Falle würde also die gruppenweise Parallelschaltung für die Zündung am zweckmäßigsten sein.

Das Beispiel zeigt genügend klar, welche Wichtigkeit der Schaltungsweise innewohnt.

g) Rückblick auf die Vor- und Nachteile der drei verschiedenen Zündungsarten.

190. — Funkenzündung. Die Funkenzündung erfordert Stromquellen, die empfindlich sind gegen die Einflüsse der Grubenluft und die Wirkungen des Betriebes. Infolge der hohen Spannungen besteht Kurzschlußgefahr, auch ist das Auftreten von Funken in Schlagwettergruben

zu befürchten. Die Leitungen müssen gut isoliert sein. Dagegen kommt es auf das Material und den Querschnitt der Drähte wenig an. Die Zünder können nicht auf Stromleitung untersucht werden, sind aber einfach und billig mit genügender Zündsicherheit herzustellen.

191. — Spaltglühzündung. Die Spaltglühzündung gestattet die Verwendung dauerhafter und haltbarer Zündapparate, z. B. von magnet- und dynamoelektrischen Maschinen und den neuerdings sehr beliebten Trockenelementen. Die erforderliche Spannung ist je nach der Art der Zünder sehr verschieden. Bei hoher Spannung ist Isolation der Leitungen notwendig, bei niedriger sind blanke Drähte verwendbar. Die Zünder sind einfach und billig. Die gleichzeitige Zündung mehrerer Schüsse bedingt bei niedrigen Zünderwiderständen in der Regel Parallelschaltung und hat eine verhältnismäßig hohe Gleichmäßigkeit der Widerstände zur Voraussetzung. Bei Zündern mit hohen Widerständen und Zündmaschinen mit plötzlicher starker Stromwirkung bei hoher Spannung ist dagegen Hintereinanderschaltung angebracht und wirkt ordnungsmäßig.

192. — Glühzündung. Die Glühzündung steht bezüglich der Stromquellen auf derselben Stufe wie die Spaltglühzündung. Wegen der niedrigen Spannung ist die Kurzschlußgefahr sehr gering. Auf Isolation der Leitungen braucht deshalb kein besonderes Gewicht gelegt zu werden, und blanke Leitungen sind in der Regel zulässig. Jedoch müssen die Leitungen genügenden Querschnitt besitzen oder aus gut leitendem Material bestehen, damit der Widerstand gering ist. Die Zünder sind etwas teurer als bei der Funken- und Spaltglühzündung. Sie können ebensowohl wie die ganze Zündanlage auf Leitungsfähigkeit geprüft werden. Reihen- und Parallelschaltung ist anwendbar.

193. — Folgerung. Bei einem Vergleiche insgesamt wird man zu dem Schlusse gelangen, daß die Verwendung von Zündern mit niedrigen Widerständen (Spaltglühzünder für niedrige Spannungen und Glühzünder) für den Grubenbetrieb infolge der Dauerhaftigkeit der Zündmaschinen, der Zulässigkeit blanker Leitungen und der Möglichkeit einer vorherigen Prüfung besondere Vorteile bietet. Tatsächlich bürgern sich diese Zünder auf Kosten der älteren Zünder für höhere Spannungen immer mehr ein.

h) Die elektrische Zündung im Vergleich mit den übrigen Zündungsarten.

194. — Nach- und Vorteile in Abwägung gegeneinander. Die elektrische Zündung ermangelt im Gegensatze zu den anderen Zündungsarten der Einfachheit. Das Verfahren ist wegen der Notwendigkeit der Beschaffung von Stromquellen, Leitungen und besonderen Zündern mit Umständlichkeiten verknüpft und nicht besonders billig.

Im übrigen aber stehen die Vorteile auf Seiten der elektrischen Zündung. Was die Sicherheit der Mannschaft angeht, so ist die elektrische Zündung allen anderen Zündungen überlegen, denn sie bietet die größte Gewähr dafür, daß der Schuß zu einem genau bestimmbaren Zeitpunkte fällt. Die Mannschaft kann in Ruhe und ohne Eile den entfernten sicheren Schutzort aufsuchen und von hier aus in einem selbstgewählten Augenblicke

die Zündung bewirken. Versagt der Schuß, so bleibt man, insofern nicht die Sprengladung selbst die Schuld trägt, hierüber nicht längere Zeit wie bei der Halm- und Zündschnurzündung im Ungewissen.

Sodann ist ein wichtiger Vorzug der elektrischen Zündung die Sicherheit gegen Schlagwettergefahr. Wenn diese Sicherheit auch nicht unbedingt und nicht unter allen Umständen vorhanden ist, so ist sie doch so groß, daß sie dem praktischen Bedürfnis völlig entspricht, zumal bei den neuerdings bevorzugten Zündmaschinen Funkengefahr nicht zu befürchten ist. Eine ähnliche Sicherheit wird bei Halm- und Zündschnurzündung nie erreicht werden können. Nur bei den Abziehzündungen ist Schlagwettersicherheit auch in vollem Maße vorhanden. Bei den sonstigen Nachteilen dieser letzteren Zündungsart bleibt sie jedoch zumeist schon aus anderen Gründen außerhalb des Wettbewerbs. Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Zündung wird dadurch begünstigt, daß bei Abgabe mehrerer Schüsse diese gleichzeitig kommen. Es kann also nicht ein Schuß vor Losgehen des anderen die Schlagwetter frei machen oder gefährlichen Kohlenstaub aufwirbeln. Vielmehr bleiben die örtlichen Bedingungen, über deren Ungefährlichkeit man sich vor der Zündung unterrichten kann, für alle Schüsse erhalten. Eine Ausnahme macht hierbei nur die elektrische Zeitzündung.

Vor der Zündschnurzündung im besonderen ist die elektrische Zündung durch das Fehlen jeden Rauches und Qualmes ausgezeichnet. Sie ist deshalb für die Leute zuträglicher, und der Mann kann früher, als es sonst möglich wäre, nach dem Schießen an seinen Arbeitsort zurückkehren. Die Möglichkeit des gleichzeitigen Abtuns der Schüsse ist auch in wirtschaftlicher Beziehung ein Vorteil. Wenn man aus dem Vollen zu schießen gezwungen ist, um Einbruch zu schaffen, so stellt sich die Gesamtwirkung mehrerer gleichzeitig explodierender Schüsse nahezu auf das Doppelte der Leistung, die man erhalten würde, wenn die Schüsse nacheinander zur Explosion kämen. Umgekehrt ist es aber auch bei der elektrischen Zündung möglich, die einzelnen Schüsse in kurzen Zwischenräumen aufeinander folgen zu lassen (Zeitzündung).

Unglücksfälle bei der Sprengarbeit.[1]

195. — **Verhalten der Mannschaft.** Viele Unfälle bei der Schießarbeit entspringen daraus, daß der Mann zu frühzeitig an den Sprengort zurückkehrt oder, wie der Bergmann sagt, „in den Schuß läuft". Häufig glaubt der Arbeiter, daß ein sonst in der Nähe abgegebener Schuß der von ihm selbst entzündete sei. Bei mehreren Schüssen hat er sich vielleicht in der Zahl der schnell aufeinanderfolgenden Knalle getäuscht. Er kehrt vor den Sprengort zurück und fällt dem Schusse zum Opfer. Auch kommt es vor, daß der Bergmann sofort nach dem Schusse in den stärksten Qualm zurückgeht, um sich von der Sprengwirkung zu überzeugen, und

[1]) Zu dem, was bereits oben, an verschiedenen Stellen verstreut, über die Unfallgefahr gesagt ist, mögen hier noch einige zusammenfassende Bemerkungen kommen, wobei sich allerdings Wiederholungen nicht streng vermeiden lassen.

daß er alsdann in dem Dunkel des Rauches von dem nachträglich fallenden Gestein erschlagen wird. Hiergegen kann nur strenge Disziplin und die Erziehung der Bergleute dahin wirken, nach dem Schusse mindestens 5—10 Minuten bis zum Wiederbetreten des Ortes zu warten.

196. — **Verhalten der Sprengladung.** Anderseits kann unter Umständen der Schuß später kommen, als es der Regel nach sein soll. Die verspätete Explosion kann durch ein teilweises Auskochen der Ladung oder durch die Unzulänglichkeit der Zündmittel verursacht sein (vergl. z. B. S. 196). Es ist schwierig, Schutzmaßregeln gegen solche Spätschüsse anzugeben. Eine angemessene Wartezeit nach dem Schusse wird in jedem Falle angebracht sein und die Sicherheit der Mannschaft erhöhen.

Bei Verwendung von Schwarzpulver und offenem Licht sind Verbrennungen durch zufällig entzündete Pulverpatronen nichts Seltenes.

Durch übermäßig starkes Einstampfen von Schwarzpulver• und Dynamit oder durch gewaltsames Einstoßen des Besatzes entstehen namentlich dann vorzeitige Explosionen, wenn metallene Stampfer benutzt werden. Es ist ein weitverbreiteter Irrtum, zu glauben, daß bei Verwendung von hölzernen oder mit Kupferhut versehenen Ladestöcken jede Gefahr ausgeschlossen ist. Schon die heftige Reibung der Patrone auf der harten und rauhen Bohrlochswandung kann allein zur vorzeitigen Explosion führen. Eine andere Art von Unfällen ist auf einzelne, nicht explodierte Patronen zurückzuführen, mögen diese als Versager oder sonst unbeachtet im Loche verblieben oder in das Haufwerk gelangt sein. Sie können entweder angebohrt oder bei der Tätigkeit mit der Keilhaue oder der Schaufel getroffen werden, hierdurch zur Explosion gelangen und die Mannschaft verletzen.

Diese Gefahren werden erhöht, wenn nitroglyzerinhaltige Sprengstoffe in gefrorenem Zustande zur Verwendung gelangen. Deshalb häufen sich bei diesen Sprengstoffen diejenigen Unfälle, die beim Besetzen oder durch Anbohren nicht explodierter Ladungen oder durch gewaltsame Berührung von Sprengstoffen im Haufwerk entstehen, ganz besonders in den Wintermonaten.

197. — **Versager.** Um Versager unschädlich zu machen, ist es die sicherste und beste Methode, den Besatz nach dem Vorschlage des Bergwerksdirektors G. A. Meyer zu Herne mit Wasser herauszuspülen. Wo dieses nicht angängig ist, muß ein neues Loch gebohrt werden, das aber unter keinen Umständen in das alte stoßen darf.

198. — **Nachschwaden.** Eigentliche Erstickungen in den Sprengstoffnachschwaden werden selten eintreten. Nur wenn eine besonders große Schußzahl vor einem Orte mit schlechter Bewetterung abgegeben ist, kann der Sauerstoffmangel so groß werden, daß Erstickung zu befürchten ist. Leichter sind Vergiftungen möglich, nämlich dann, wenn die Nachschwaden mit Kohlenoxyd geschwängert sind. Derartige Fälle sind bei Verwendung von Dynamit in der Kohle mehrfach beobachtet worden, wobei allerdings wohl das Kohlenoxyd nicht aus dem Sprengstoffe selbst, sondern aus der Verbrennung von Kohlenstaub herrührte. Es lagen sehr wahrscheinlich leichte Kohlenstaubexplosionen vor, die im übrigen als solche nicht erkannt wurden. Bei den bergmännischen Spreng-

stoffen finden sich in den Nachschwaden größere Mengen Kohlenoxyd nur bei den Karboniten und dem Schwarzpulver, wie die Tabelle auf S. 167 erkennen läßt. Vergiftungen in derartigen Nachschwaden sind vor engen, ungenügend bewetterten Arbeitspunkten immerhin nicht ausgeschlossen, wenn man bedenkt, daß bereits ein mit nur $^1/_2$ % Kohlenoxyd geschwängertes Luftgemisch bei längerer Einwirkung tödlich wirkt. Bei Schüssen, die ganz oder teilweise ausgekocht haben, sind neben dem Kohlenoxyd auch die giftigen Wirkungen der Stickoxyddämpfe zu fürchten.

199. — Sprengkapseln. Bei der großen Empfindlichkeit der Sprengkapseln gegen Stoß, Schlag und Reibung bleibt es nicht aus, daß bei der Handhabung gelegentlich Unfälle eintreten. Unter keinen Umständen soll man das Innere des Hütchens mit hineingesteckten, spitzen Gegenständen zu reinigen versuchen.

Bei elektrischen Sprengkapseln ist es als gefährlich zu erachten, nach einem etwaigen Versagen des Schusses den Zünder mittels der Zünderdrähte durch den Besatz zu ziehen, da die Druck- und Reibungsverhältnisse nicht vorauszusehen sind. Mehrfach haben auch einzelne Zünder, die versagt hatten, dadurch Anlaß zu Verunglückungen gegeben, daß sie ohne besondere Schutzmaßregel zu weiteren Versuchen an der Zündmaschine benutzt wurden. Da der Widerstand der Leitung fehlt, liefert die Stromquelle in solchem Falle einen stärkeren Strom und kann sehr wohl den Zünder nachträglich zur Explosion bringen.

200. — Elektrische Zündung. Die Gefahren der sonstigen Zündungen sind bereits früher, namentlich auf S. 196, Ziffer 145 und S. 202, Ziffer 156 besprochen. Aber auch bei der elektrischen Zündung, die doch sonst bezüglich der Sicherheit der Mannschaft an der Spitze steht, bleiben Unfällle nicht völlig aus. Mehrfach sind z. B. nach Versagern Unfälle dadurch vorgekommen, daß der Schießmann den Zündapparat, ohne die Leitung davon zu lösen, zugleich mit dem Betätigungsgriffe aus der Hand legte und den vermuteten Kurzschluß suchen ging. Ist in solchem Falle die Stromquelle ein Element und ist der Schlüssel in der Kontaktstellung stecken geblieben, so wird der Schuß im selben Augenblick kommen, wo der Kurzschluß gefunden ist und die beiden Leitungen voneinander entfernt werden. Derselbe Fall kann infolge Erdschlusses eintreten, wenn der Schießmann das Lösen nur einer Leitung von dem Apparate für genügend erachtet hat oder wenn die Zündmaschine mittlerweile von Unberufenen in Tätigkeit gesetzt wird.

Zu frühe Schüsse sind — abgesehen von der Unaufmerksamkeit des Schießmannes — dadurch möglich, daß die Leitungen mit Starkstromleitungen oder mit den Leitungen elektrischer Signalapparate usw. versehentlich in leitende Berührung kommen.

Betriebsmäſsige Ausführung der Sprengarbeit.

201. — Das Ansetzen der Schüsse. Der Sprengschuß soll, um seinen Zweck zu erfüllen, die Vorgabe werfen. Dementsprechend muß er angesetzt, geladen und besetzt sein. Man wird die Sprengschüsse so anzusetzen suchen, daß der Zusammenhalt des Gebirges möglichst leicht über-

wunden wird. Beim Abbau stehen in der Regel genügend freie Flächen zur Verfügung, um die Schüsse annähernd parallel zu diesen ansetzen zu können. Man kann dann das Mineral mit den einzeln abzugebenden Schüssen sozusagen wegschälen. Noch günstiger liegen sowohl bei Abbau- als auch bei Streckenbetrieben die Verhältnisse, wenn die Herstellung eines genügend tiefen Schrames möglich ist. Die Schüsse drücken alsdann das Gebirge nach dem Schram hin ab.

Sind keine freien Flächen vorhanden, zu denen der Schuß annähernd parallel angesetzt werden kann, so sucht man entweder durch die Sprengarbeit selbst „Einbruch“ herzustellen, oder man schießt gänzlich „aus dem Vollen“. Beim Einbruchschießen setzt man einen Schuß oder mehrere so an, daß zunächst aus dem vollen Gebirge ein Stück herausgesprengt wird, nach dessen Lösung die weiteren Schüsse annähernd parallel zu den auf diese Weise bloßgelegten Flächen angesetzt werden können. Beim Schießen aus dem Vollen werden sämtliche Schüsse etwa senkrecht auf die zu sprengende Gesteinswand und parallel zueinander abgebohrt und gleichzeitig abgetan.

Im ersteren Falle arbeitet man mit geringeren Sprengstoffkosten, weil man jeden einzelnen Schuß so zweckmäßig wie nur möglich ansetzen kann. Aus demselben Grunde ist auch eine kleinere Bohrlochslänge insgesamt erforderlich, und das Gebirge wird durch die Wirkung der Sprengladungen weniger zerklüftet.

Das Schießen aus dem Vollen dagegen ermöglicht höhere Leistungen und einen schnelleren Arbeitsfortschritt.

202. — Schichtung und Einbruch. Die Arbeit des Einbruchschießens kann durch günstige Gebirgsbeschaffenheit sehr erleichtert werden. Dies ist der Fall, wenn das Gebirge deutlich ausgeprägte Schichtflächen oder Ablösungen enthält, da das Gebirge durch die Schüsse auf den Flächen des geringeren Zusammenhalts leicht abgeschoben wird. Fig. 251 zeigt das Ansetzen der Schüsse in einer streichenden Strecke, wenn am Liegenden eine glatte Ablösung vorhanden ist. Befindet sich die Ablösung am Hangenden, so würden die mit I bezeichneten Einbruchschüsse entsprechend nach oben verlaufen.

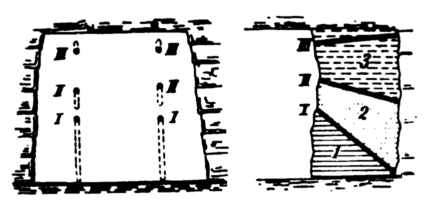




Fig. 251. Einbruch am Liegenden.

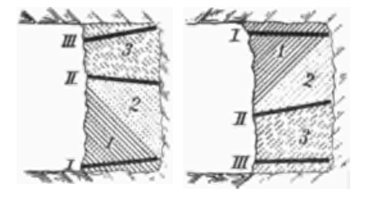


Fig. 252. Einbruch bei verschiedenem Einfallen der Schichten.

Bei Querschlägen besteht für das Ansetzen der Schüsse ein Unterschied, je nachdem die Schichten dem Orte zu oder entgegengesetzt einfallen. Wenn sie dem Orte zufallen, so liegt der Einbruch zweckmäßig oben, im anderen Falle unten (Fig. 252). Firsten- oder Sohlenschüsse müssen, da man sie in der Regel nicht unmittelbar am Hangenden oder

Liegenden ansetzen kann, etwas ansteigend oder abfallend verlaufen. Andernfalls würde die Strecke immer niedriger werden. Bestehen gute Ablösungen überhaupt nicht oder muß man, wie es bei Schächten und Aufbrüchen häufig ist, die Schichten rechtwinklig durchbrechen, so legt man den Einbruch in die Mitte und hebt ihn mit 4—6 Schüssen kegelförmig heraus (Fig. 253). Die weiteren Schüsse folgen kranzförmig; Eckschüsse sind nach Bedarf anzuordnen. Man kann auch nach Fig. 254 den Einbruch in Gestalt eines breiten Keiles herausschießen, was bei geschichtetem Ge-



Fig. 253. Kegel-Einbruch. Fig. 254. Keil-Einbruch.

steine vorteilhafter zu sein pflegt, weil die etwaigen Ablösungen ausgenutzt werden. Die beiden Stöße werden sodann streifenförmig hereingenommen.

203. — Abbohren und Abtun der Schüsse. Beim Einbruchschießen kann man jedem Schusse seine besondere Vorgabe geben und die Schüsse unter Verwendung von Zündschnurzündung nacheinander kommen lassen. Vorteilhafter ist es aber, die Einbruchschüsse gleichzeitig auf elektrischem Wege abzutun.

Die anderen Bohrlöcher setzt man zweckmäßig erst an, nachdem man die Wirkung des Einbruchs vor Augen hat. Man kann bei solchem Vorgehen erheblich an Sprengstoffen und Bohrarbeit sparen. Bei maschinellen Betrieben macht aber das häufige Heranholen und Fortschaffen der Bohrmaschinen und Zubehörteile zu viel Arbeit, so daß man in der Regel vorzieht, den ganzen Ortsstoß vor dem Schießen abzubohren. Man kann dann die Einbruchschüsse zuerst abtun und entsprechend der Wirkung wenigstens noch die Ladungen der Kranzschüsse bemessen. Häufig besetzt man aber auch alle Schüsse gleichzeitig und läßt nun durch Anwendung kürzerer Zündschnüre oder elektrischer Zeitzündung die Einbruchschüsse zuerst kommen. Bei diesem Verfahren hat man etwas höhere Sprengstoffkosten; die Leute brauchen aber nicht doppelt zu bereißen, zu besetzen und zu schießen.

Bei sehr beschleunigtem Betriebe legt man auf die Herstellung eines regelrechten Einbruchs keinen Wert, sondern schießt aus dem Vollen.

204. — Teilung des Ortsquerschnitts. Bei Querschlägen mit weiten Querschnitten und Tunnelbauten pflegt man im Interesse der Schnelligkeit des Vortriebes nicht den ganzen Ortsquerschnitt auf einmal in Angriff zu nehmen. Man treibt eine für die Arbeit eben noch bequeme

Strecke von vielleicht 5—6 qm Querschnitt voran und baut diese nur vorläufig aus. Das Nachreißen der Stöße, die Erweiterung auf den beabsichtigten Querschnitt und der endgültige Ausbau rücken in Abständen von 50—100 m vom eigentlichen Arbeitsstoße nach, so daß mehrere Gruppen von Arbeitern an verschiedenen Punkten gleichzeitig tätig sein können. Auf diese Weise findet eine örtliche Arbeitsteilung statt, die erlaubt, am Ortsstoße alle Kraft auf ein schnelles Vorwärtskommen zu verwenden.

205. — **Ordnung des Betriebes.** Die Leistungen beim Streckenauffahren hängen durchaus nicht allein von der Schießarbeit, sondern hauptsächlich von einer guten Überwachung des Betriebes und strengen Innehaltung der Ordnung bei der Arbeit ab. Insbesondere ist darauf zu achten, daß sofort nach dem Schießen genügend leere Wagen zur Stelle sind, so daß mit aller Beschleunigung das Haufwerk fortgeschafft werden kann. Eisenplatten, die vor dem Schießen gelegt werden, erleichtern das Laden sehr. Nur wenn die einzelnen Arbeitsperioden des Ladens, Schießens und Verbauens ohne Pausen gut ineinander greifen, lassen sich hohe Leistungen erzielen.

206. — **Einfluß der Bohrlochsweite.** Eine besondere Rolle bei der Sprengarbeit spielt die Weite der Bohrlöcher. Der Lochdurchmesser schwankt zwischen 18 und 70 mm. Die engsten Bohrlöcher wählt man bei der Meißelbohrung mit Hand, um hohe Bohrleistungen zu erzielen. In der Regel sind die Löcher um so enger, je härter das Gestein ist. 18 mm sind als unterste Grenze anzusehen. Auch bei den Bohrern der Bohrhämmer geht man bis zu 20 mm Meißelbreite herab, während die obere Grenze bei etwa 40 mm liegt. Die Handbohrmaschinen pflegen mit Rücksicht auf die Haltbarkeit der Bohrschäfte Meißelbreiten zwischen 28 und 40 mm und die Stoßbohrmaschinen solche von 30—60 mm zu besitzen, worüber hinaus nur noch die Brandtsche Bohrmaschine mit 65—88 mm Bohrlochsdurchmesser kommt. Was die Sprengstoffe angeht, so explodieren Dynamit und überhaupt Sprengstoffe mit höherem Gehalte an Nitroglyzerin (z. B. Kohlenkarbonite, wettersichere Gelatinedynamite) auch in den engsten, vorkommenden Bohrlöchern noch tadellos. Anders ist es mit den Ammonsalpetersprengstoffen, bei denen man ohne Not nicht unter 30 mm Patronendurchmesser gehen sollte.

Beim Abdrücken nach freien Flächen hin wird eine in einem engen Bohrloche auf größere Länge untergebrachte Sprengladung ihren Zweck gut erfüllen und die Vorgabe ordnungsmäßig werfen können. Enge Bohrlöcher sind in solchen Fällen sogar Löchern mit größerem Durchmesser vorzuziehen, weil bei einer Zusammendrängung der Ladung im Bohrlochstiefsten das benachbarte Gestein allzusehr zertrümmert wird. Anders ist es, wenn ein Einbruch nicht vorhanden ist, sondern erst herausgeschossen werden soll, oder wenn überhaupt aus dem Vollen geschossen wird. In diesem Falle sind weite Bohrlöcher sehr erwünscht, da sie die Unterbringung einer starken Ladung im Tiefsten ermöglichen.

207. — **Einfluß des Besatzes.** Stets und in jedem Falle ist auf guten Besatz des Sprengschusses streng zu achten. Es ist eine ebenso verbreitete wie falsche Meinung der Bergleute, daß Dynamit des Besatzes nicht bedürfe. Im Trauzlschen Bleimörser ergeben unbesetzte Dynamit-

schüsse nur etwa die halbe Ausbauchung gegenüber solchen mit ordnungsmäßigem Besatz. Ein Nichtbesetzen des Schusses bedeutet also eine arge Sprengstoffvergeudung. Zudem steht bei unbesetzten Schüssen leichter ein ganzes oder teilweises Auskochen der Ladung zu befürchten, so daß durchschnittlich schlechtere Nachschwaden als bei gut besetzten Schüssen zu erwarten sind.

208. — **Erweiterungsbohrer.** Vielfach hat man sog. Erweiterungsbohrer vorgeschlagen, mittels deren man das Bohrlochstiefste nach Fertigstellung des eigentlichen Loches zwecks Aufnahme einer größeren Sprengladung erweitern und zu einer Sprengkammer vergrößern kann, ähnlich wie dies in Steinbrüchen beim sog. Schnürschießen geschieht. Der Bohrer wirkt meist in der Art, daß von dem Ende der Bohrstange aus nach Einführung in das Bohrloch zwei Schneidbacken allmählich abgespreizt werden, die bei Drehung der Stange die beabsichtigte Erweiterung ausfräsen. Da es sich in der Regel um tiefere Bohrlöcher handelt, ist der Erweiterungsbohrer selbst, ebenso wie die Hilfsvorrichtungen zum Entfernen des Bohrmehls und zum Laden der Kammer lang und unhandlich. Auch ist der Apparat nur für milderes Gebirge anwendbar. Zu dauernder Einführung sind die Erweiterungsbohrer wegen dieser praktischen Schwierigkeiten wohl nirgendwo gelangt, und es haben sich noch stets die mit der Verwendung verbundenen Unzuträglichkeiten größer als der erzielte Nutzen erwiesen.

IV. Maschinelle Schrämarbeit.

209. — **Vorteile der Schrämarbeit.** Die Herstellung eines genügend tiefen Schrames mit Hand ist häufig ebenso schwierig wie zeitraubend, so daß bei dieser Arbeit der Ersatz der menschlichen durch maschinelle Kraft schon lange ein dringendes Bedürfnis war. Denn nur ungern wird der Bergmann überall da, wo gesprengt werden muß, namentlich aber im Abbau, auf das Schrämen gänzlich verzichten.

Ein guter Schram erhöht den Stückkohlenfall, so daß das Arbeitserzeugnis hochwertiger wird, und ermöglicht Ersparnisse an Sprengstoff-, Ausbau- und Grubenunterhaltungskosten. Die Schüsse können nämlich geringere Ladungen erhalten; die Sprengarbeit wird eingeschränkt und unter Umständen gänzlich verdrängt. Infolgedessen leidet das Gebirge weniger, als wenn ohne Schram gearbeitet wird. Der Druck wird später rege, und es kann ein leichterer Ausbau gewählt werden. Diese günstigen Wirkungen machen sich besonders bei der späteren Streckenunterhaltung geltend und kommen in verminderten Ausbesserungsarbeiten zum Ausdruck.

Ein besonderer Vorteil der maschinellen Schrämarbeit ist der schnellere Fortschritt der Baue. Die beschleunigte Gewinnung kann verminderte Unterhaltungskosten im Gefolge haben, und der Anteil der Anlage- und allgemeinen Betriebskosten wird verringert.

In sicherheitlicher Beziehung ist die Durchführung der Schrämarbeit stets vorteilhaft und wird die Zahl der Verunglückungen in günstigem Sinne beeinflussen. Wegen der eingeschränkten Schießarbeit erfolgt das gefährliche Bereißen der Schüsse seltener. Da das Dach und

die Stöße in geringerem Grade zerklüftet werden, stehen sie sicherer und geben weniger zu Unfällen durch Stein- und Kohlenfall Veranlassung. Regelmäßiger Ausbau ist leichter durchführbar. Ja manche Schrämmaschinen zwingen sogar zu völlig systematischem Ausbau. Tatsächlich hat sich überall gezeigt, daß durch Einführung der Schrämarbeit die Unfallziffern sinken.

Infolge dieser Vorteile ist das nie rastende Bestreben der Technik, neue Schrämmaschinen zu erfinden und die vorhandenen zu verbessern, ebenso erklärlich wie berechtigt.

210. — Einteilung. Mit Hand angetriebene Schrämmaschinen sind zwar häufig vorgeschlagen worden, ohne aber dauernde Verwendung gefunden zu haben.

Die tatsächlich eingeführten Maschinen werden durch mechanische Kraft angetrieben und arbeiten schlagend, stoßend oder fräsend.

1. Schlagend wirkende Schrämmaschinen.

211. — Frankesche Schrämmaschine. Aus der ersten Gruppe ist nur die Frankesche Schrämmaschine zu besprechen, die in der Fig. 255 dargestellt ist.

Die Schrämmaschine[1]) besteht aus dem äußeren Körper *A*, dem Kolben *B* mit dem Ringmuschelschieber *C*, dem Schrämstahlhalter *D* nebst Schraubenfedern *G* und Schrämmeißel *J*.

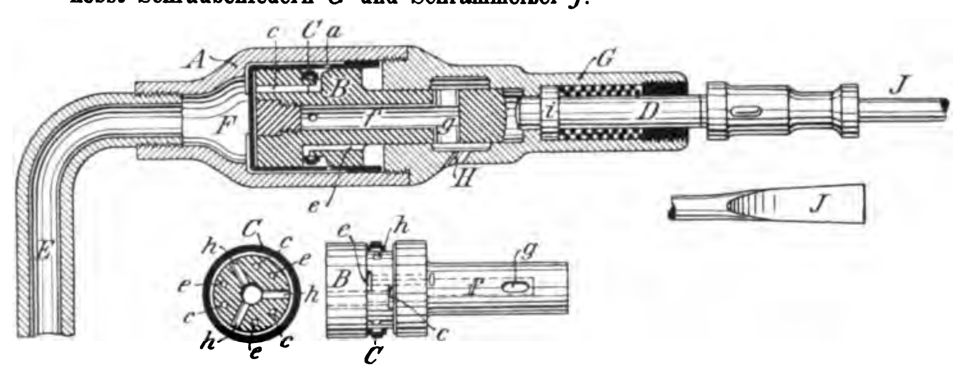


Fig. 255. Frankesche Schrämmaschine.

Der hintere Teil des äußeren Körpers *A* nimmt das Luftzuführungsrohr *E* sowie den inneren Zylinder *F* auf, welcher rund herum mit den Lufteinströmungsöffnungen *a* versehen ist. Der vordere Teil des äußeren Körpers bildet die Führung für die Kolbenstange des Kolbens *B* sowie für den Schrämstahlhalter *D* und den Raum für die Spiralfedern *G*. *H* ist die Auspufföffnung.

Der als Dichtungsring ausgebildete Ringmuschelschieber *C* sitzt auf dem Kolben *B*; letzterer ist mit den die Druckluft hinter bezw. vor den Kolben führenden Kanälen *c* und *e*, sowie mit den in die hohle Kolbenstange *fg* führenden Abgangskanälen *h* versehen.

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes. Bd. 41, 1893, S. 170 ff.

Der runde Schrämstahlhalter *D*, welcher keine Verbindung mit dem Kolben *B* hat, erhält seinen Rückgang durch die Schraubenfedern *G*, welche beständig gegen den Bund *i* drücken.

Die Druckluft gelangt nun durch *E*, *a* und *c* hinter den Kolben *B* und treibt denselben gleichzeitig mit dem Schieber *C* nach vorn; dabei geht die verbrauchte Druckluft vor dem Kolben durch die Kanäle *e* unter dem Schieber *C* hindurch und durch die Kanäle *h* in die hohle Kolbenstange *fg*, von wo sie durch den Auspuff *H* ins Freie entweicht. Sobald beim Vorwärtsgang des Kolbens *B* der Ringmuschelschieber *C* den Einströmungskanal *a* deckt, wird die Druckluft abgesperrt, und der Kolben arbeitet jetzt mit Expansion. Hat der Ring *C* den Kanal *a* passiert, so tritt die Druckluft hinter die linksseitige Ringfläche des Schiebers. Da nun auf der rechtsseitigen Ringfläche inzwischen durch die Expansion eine Druckverminderung stattgefunden hat, so wird der Schieber nach rechts geworfen, und die Umsteuerung ist bewirkt. Es tritt nun die Rückwärtsbewegung ein, und das Spiel geht fort. Der Hub des Kolbens beträgt 11 mm; 9 mm werden ohne Verrichtung von Nutzarbeit zurückgelegt, dann erfolgt der Schlag auf den Schrämstahlhalter und Vorschub desselben um 1,5—2 mm.

Der Schrämstahl besteht aus einer runden Stahlstange mit flachem Meißel. Das Gewicht der Schrämmaschine einschließlich Schrämstahl beträgt nur 4,5 kg.

Die Arbeiter benutzen die Maschine ohne Gestell, indem sie sie mit beiden Händen halten und im Schram hin und her führen.

Die Maschine hat sich beim Mansfelder Kupferschieferbergbau gut bewährt. Dagegen sind die Versuche, sie auch auf Steinkohlengruben einzuführen, fehlgeschlagen.

2. Stoßend wirkende Schrämmaschinen.

212. — **Einleitende Bemerkungen.** Die stoßend wirkenden Schrämmaschinen sind in Bauart und Arbeitsweise den Stoßbohrmaschinen ähnlich. Es werden sogar zum Teil genau die gleichen Maschinen für Bohren und Schrämen benutzt. Die Wirkung wird nur dadurch anders, daß die Maschinen beim Schrämen während der Arbeit hin und her geschwenkt werden. Infolgedessen entsteht nicht ein rundes Bohrloch, sondern ein breiter Schram. Bei den Stoßschrämmaschinen kann man die fahrbaren und die um eine Säule schwenkbaren Maschinen voneinander trennen.

Fahrbare Stoßschrämmaschinen.

213. — **Beschreibung.** Das Hauptverbreitungsgebiet der fahrbaren Stoßschrämmaschinen ist Nordamerika. Dort waren im Jahre 1899 bereits rund 2000 Stück in Betrieb. Von Amerika aus haben sie auch in anderen Ländern Eingang gefunden, ohne aber nur entfernt eine ähnliche Bedeutung wie dort zu gewinnen. Bei uns sind am bekanntesten die Ingersoll-Schrämmaschinen geworden.

Die Maschinen können, wie aus Fig. 256 ersichtlich, als auf Räder gesetzte Stoßbohrmaschinen angesehen werden, an denen die Vorschub- und die Umsetzvorrichtuug als überflüssig in Wegfall gekommen sind.

Am hinteren Ende des Arbeitszylinders ist die Steuervorrichtung mit dem Luftzuführungsstutzen aufgesetzt und sind zwei Handgriffe G zur Lenkung der Maschine angebracht. Die Kolbenstange P trägt vorn den zweispitzigen

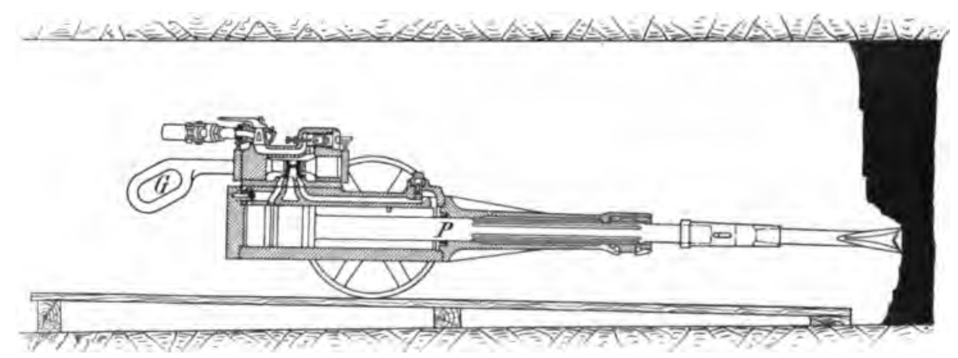


Fig. 256. Ingersoll-Schrämmaschine.

Meißel, sie wird durch Nut und Feder an der Drehung verhindert. Die ganze Maschine ist 2,5 m lang, sie wiegt 375 kg und macht 150—180 Schläge in der Minute. Die Höhe der Räder ist 35—40 cm.

214. — Arbeitsweise, Leistungen, Anwendbarkeit. Während der Arbeit steht die Maschine auf einer gegen den Arbeitsstoß geneigten Bohlenunterlage von 1—1,2 m Breite und 2,5 m Länge, deren Ansteigen so bemessen ist, daß der Rückstoß durch das Gewicht der in die Höhe laufenden Maschine rasch aufgehoben wird. Die Maschine wird von einem auf der Bühne sitzenden Arbeiter mit den Händen gelenkt, indem er gleichzeitig die Füße gegen die Räder stemmt, um den Rückstoß leichter aufzunehmen. Immerhin sind kräftige und gewandte Leute als Maschinenführer auszuwählen, und es ist eine längere Übung für ein geschicktes Arbeiten mit der Maschine erforderlich.

Die Maschinen stellen einen Schram bis 1,5 m Tiefe her, der vorn 40 und hinten noch etwa 15 cm Höhe besitzt. Die Bühne muß, wenn der Schram die beabsichtigte Tiefe bei etwa 1,2 m Breite erreicht hat, seitlich verrückt werden. Die Leistungen schwanken natürlich nach der Beschaffenheit der Kohle, den Lagerungsverhältnissen und der Geschicklichkeit der Bedienungsleute stark. In Amerika werden als Durchschnittsleistung etwa 4 qm stündlich angesehen. Bisweilen sollen aber auch Leistungen von 6—7, ja sogar von 9 qm erzielt sein. In Deutschland hat man diese Leistungen auch mit herübergeholten, amerikanischen Arbeitern bei weitem nicht erreicht und ist kaum über 1,2—1,5 qm in der Stunde herausgekommen. Es liegt dies an der größeren Härte der deutschen Kohle.

Abgesehen hiervon hat man es für die deutschen Verhältnisse als Nachteil empfunden, daß der Schram immer nur am Liegenden gehauen werden kann. Die für den Schram günstigste Schicht liegt aber oft höher im Flöze, in der Mitte oder gar am Hangenden. Auch die große Schramhöhe von vorn 40 cm ist namentlich in wenig mächtigen Flözen ein Nachteil, da hierdurch sehr viel Kohle unnütz zerkleinert wird. Die Maschinen erfordern ferner ziemlich viel Platz. Der freie Raum zwischen

Arbeitsstoß und Bergeversatz muß mindestens 3 m betragen. Die Zimmerung darf nicht allzu dicht stehen. In jedem Falle ist die Maschine nur bei flacher Lagerung anwendbar. Beträgt das Fallen mehr als 12—13°, so werden die Schwierigkeiten schon so groß, daß der Gebrauch der Maschinen sowohl in streichenden wie in schwebenden Bauen nicht mehr empfehlenswert erscheint.

Säulen-Schrämmaschinen.

215. — Eisenbeissche Schrämmaschine. Für die Verhältnisse des deutschen Steinkohlenbergbaues besser geeignet sind die um eine



Fig. 257. Eisenbeissche Schrämmaschine.

Säule schwenkbaren Stoßschrämmaschinen. Es ist das Verdienst des früheren Grubenschlossers Eisenbeis aus Saarbrücken, diese Art des Schrämens, die aus der amerikanischen Literatur bereits früher bekannt war, bei uns eingeführt zu haben.

Eine Eisenbeissche Schrämeinrichtung besteht aus einer beliebigen Stoßbohrmaschine mit Schrämstangen und Schrämkrone, einer Spannsäule und dem Führungssektor mit Drehstück. Die Fig. 257 läßt deutlich erkennen, wie die einzelnen Teile bei der Arbeit zusammengehören und zusammenwirken. Nachdem die Spannsäule aufgestellt ist, wird der Füh-

rungssektor parallel zu dem herzustellenden Schram oder Schlitz in der an der Säule verschiebbaren Kluppe befestigt. In dem Auge des Sektors sitzt das Drehstück, in dessen Auge die Bohrmaschine befestigt wird. Das Schwenken der Maschine geschieht mittels einer Kurbel, deren mit Schneckengewinde versehene Achse im Drehstück verlagert ist und in die Zähne des Führungssektors eingreift. Die Kolbenstange trägt die Schrämstange mit der Schrämkrone. Der Vorschub der Maschine erfolgt in der bei der Bohrarbeit üblichen Weise mit der zweiten auf der Figur sichtbaren Kurbel. Ist der ganze Vorschub der Maschine ausgenutzt, so wird dieselbe zurückgezogen, die Stange herausgenommen und durch ein längeres Stück ersetzt, bis der Schram die genügende Tiefe hat.

Die eigenartige Verbindung der einzelnen Teile ermöglicht es, den Schram in jeder Höhe unter beliebigem Winkel herzustellen. Es muß nur der Führungssektor stets parallel dem auszuführenden Schram an der Bohrsäule befestigt werden. Zum Aufstellen und Abrüsten der Schrämeinrichtung sind 2 Mann erforderlich. Das Schrämen selbst wird jedoch nur von einem Manne besorgt. Der andere kann während dieser Zeit die Schußlöcher herstellen und hat ab und zu das Schrämklein mit einer Krücke oder einer langstieligen Schaufel aus dem Schram zu entfernen. Die Bedienung der Maschine ist leicht zu erlernen und strengt den Arbeiter in keiner Weise an.

216. — Ähnliche Schrämmaschinen. Nachdem mit der Eisenbeisschen Maschine der Weg gezeigt war, lernte man unter Anwendung ähnlicher Zwischenstücke alle stoßenden Bohrmaschinen an der Spannsäule als Schrämmaschinen verwenden. Es kam nur darauf an, die Maschine schwenkbar zu machen.

Die meisten Bohrmaschinenfabriken lassen bei der Umwandlung ihrer Bohrmaschinen in Schrämmaschinen den Führungssektor fortfallen und verwenden dafür besondere Schrämkuppelungen. Sie benutzen 2 Kluppen, von denen die eine *b* an der Spannsäule *a* und die zweite *c* in dem Auge der ersten befestigt wird. In dem Auge der zweiten Kluppe wird die Maschine hin und her geschwenkt. Letzterer kann hierdurch, wie aus der Fig. 258 hervorgeht, jede beliebige Schwenkrichtung gegeben werden. Um die Maschine sicherer schwenken und regieren zu können, schraubt man an sie hinten einen Handhebel an. Derartige Schrämmaschinen sind einfacher, leichter und billiger als die Eisenbeisschen, erfordern aber eine größere Geschicklichkeit des Arbeiters, da dieser die Maschine unmittelbar am Hebel halten und lenken muß. Auch wird der Arbeiter mehr angestrengt, da er den Rückstoß der Maschine zum Teil auf zu nehmen hat.

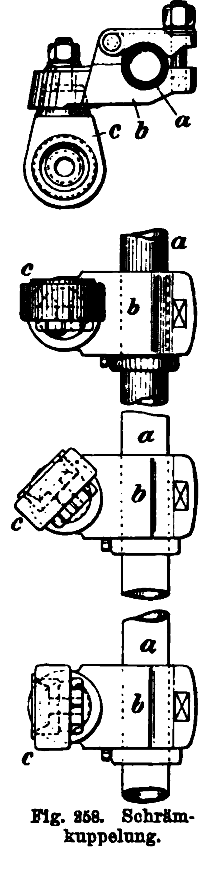


Fig. 258. Schrämkuppelung.

Die Firma Frölich & Klüpfel zu Unterbarmen läßt ihre Maschine einfach um die Spannsäule selbst schwenken, indem die Kluppe auf einem

Stellringe ruht und auf diesem sich drehen kann. Die Spannsäule muß dann aber genau rechtwinklig zur Schramfläche stehen. Solche Aufstellung macht öfters Schwierigkeiten. Auch hier muß der Arbeiter den Rückstoß der Maschine zum Teil aufnehmen.

217. — Gabelschrämmaschine. Die Vorteile beider Maschinenarten soll die Gabelschrämmaschine der Armaturenfabrik Westfalia zu Gelsenkirchen verbinden. Bei dieser Maschine ist die eigentliche Bohrmaschine, wie Fig. 259 es schematisch andeutet, so in einer gabelförmig gestalteten Kluppe schwenkbar aufgehängt, daß die beiden Aufhängepunkte und die Achse des Arbeitszylinders in einer Ebene liegen. Auch hier kann je nach der Einstellung der Gabel der Schram unter jedem Winkel gelegt werden. Bei dieser Anordnung wird der Rückstoß der Maschine vollkommen aufgenommen, diese selbst liegt bei der Arbeit ruhig und ist leicht lenkbar.

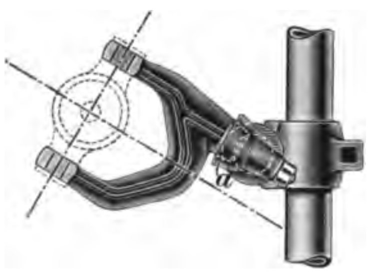


Fig. 259. Gabelschrämmaschine der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen.

218. — Schrämkronen. Von besonderer Wichtigkeit für eine gute Schrämleistung ist das eigentliche Schrämwerkzeug oder die Schrämkrone. Man gebraucht Schrämkronen mit 3—8 Schneiden (Fig. 260). Die 3-schneidigen Kronen zerkleinern das Gebirge am wenigsten, indem dieses in größeren Stücken abspringt. In einem engen Schram klemmt sich aber der Dreispitz leicht fest, während die mehrschneidigen Kronen sich besser frei arbeiten. Besonders sind die vielspitzigen Kronen für zähe, mit Schwefelkies durchwachsene Kohle zu empfehlen. Häufig gebraucht man Schrämkronen mit auswechselbaren Schneiden, die einzeln herausgeschlagen und durch andere ersetzt werden können, so daß der Bergmann in der Grube durch Auswechseln der stumpf gewordenen Meißel die Krone wieder gebrauchsfähig machen kann.

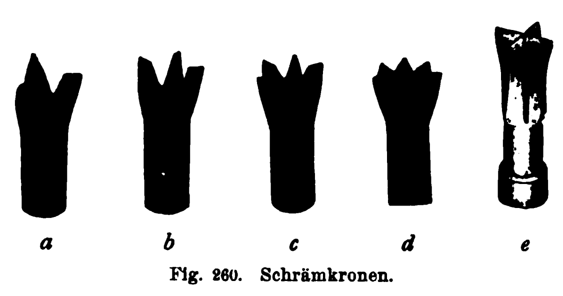


Fig. 260. Schrämkronen.

Der Durchmesser der Schrämkronen schwankt zwischen 65 und 90 mm. Da sich beim Schrämen in der Regel ein gewisser Nachfall einstellt, beträgt die Schramhöhe gewöhnlich 75—120 mm.

219. — Anwendung und Leistungen. Von einem Aufstellungspunkte aus kann man mit einer Säulenschrämmaschine einen Schram von 4—5 m Breite und 2—3 m Tiefe herstellen. Ein geübter Arbeiter unterschrämt in der Stunde bequem 2—3 qm. In der 8stündigen Schicht werden mit Einschluß der Pausen 12—15, in einzelnen, besonders günstigen Fällen

20 qm und mehr erzielt. Besonders bewährt haben sich die Maschinen beim Auffahren von Strecken auf der Lagerstätte. Man stellt die Spannsäule in der Mitte der Strecke auf und schrämt nun in der günstigsten Gebirgsschicht die ganze Streckenbreite 1—1,5 m tief ab. Es pflegt dies einschließlich des Aufstellens und Abrüstens der Schrämeinrichtung 2—$2^1/_2$ Stunden zu dauern. Gleichzeitig können bereits die Bohrlöcher für die Sprengschüsse fertig gestellt werden. In der zweiten Hälfte der Schicht wird die Kohle hereingewonnen und gefördert und der Ausbau nachgeführt. Häufig sind auf diese Weise bei wesentlich gesunkenen Sprengstoffkosten die Leistungen um 70—80 $^0/_0$ gestiegen, während das Gedinge nahezu auf die Hälfte des früheren herabgesetzt werden konnte. Wenn auch auf der anderen Seite der starke Preßluftverbrauch, den eine etwa 2 Stunden lang fast ununterbrochen währende Arbeit der Maschine im Gefolge hat, in die Wagschale fällt, so bleibt doch oft der erzielte Vorteil recht bedeutend.

Auf Zeche Holland hat man in Aufhauen, die in dem Flöze bei 40^0 Einfallen hergestellt wurden, mit Schrämmaschinenbetrieb sogar Streckenvortriebe von 8—9 m täglich erzielt und z. B. ein Aufhauen von 106 m flacher Höhe in 12 Arbeitstagen zum Durchschlag gebracht. Hier war bei der Arbeit insbesondere der Umstand förderlich, daß die nach dem Schrämen hereingeschossene Kohle von selbst nach unten abrutschte, so daß durch das Laden und Fortschaffen der Kohle keine Verzögerung für den Fortbetrieb des Aufhauens entstand.

3. Fräsend wirkende Schrämmaschinen.

220. — **Einteilung.** Die fräsend wirkenden Schrämmaschinen arbeiten entweder mit Fräsketten oder mit Schrämrädern. Bisher in Deutschland eingebürgert sind nur die Radschrämmaschinen, insbesondere die nach System Garforth. Auch diese finden sich nur in beschränkter Zahl, weil die natürlichen Verhältnisse der deutschen Gruben der allgemeineren Einführung hinderlich im Wege stehen, wie dies weiter unten näher ausgeführt ist. Die Kettenmaschinen werden bei der Arbeit entweder fest aufgestellt, oder sie sind beweglich und bestreichen einen langen Strebstoß. Die Radschrämmaschinen sind stets beweglich. Die beweglichen Maschinen heißen auch Strebschrämmaschinen.

Kettenschrämmaschinen.

221. — **Beschreibung und Anwendung der fest aufgestellten Maschinen.** Die bei der Arbeit fest aufzustellenden Kettenmaschinen[1]) besitzen einen rechteckigen Hauptrahmen, der mit seiner Längsachse senkrecht zu dem Arbeitsstoß und mit seiner Vorderkante dicht an diesem aufgestellt und am vorderen wie hinteren Ende durch je eine schräg gegen den Arbeitsstoß oder das Hangende gesetzte Schraubenspreize festgehalten wird. In der Fig. 261, die eine Jeffrey-Kettenmaschine darstellt, ist A der genannte Hauptrahmen, der während der Arbeit mit der Querschiene a auf der Sohle ruht; am Hinterende wird eine besondere Schiene untergelegt. Die Feststellung des Rahmens erfolgt vorn durch die Spreize F,

[1]) Mellin, Über die Verwendung von Schrämmaschinen; Bericht über den VIII. allgem. deutschen Bergmannstag, 1901.



Fig. 261. Ansicht der Jeffrey-Schrämmaschine.

die hintere Spreize wird auf das vorspringende Stück G aufgesetzt. In dem Hauptrahmen gleitet ein zweiter Rahmen B, der sich mit den Schienen b in jenem führt und an seinem Umfange eine endlose, mit Meißeln D besetzte Schneidkette C trägt. Auf dem hinteren Ende des Rahmens B sitzt der Motor H, der der Kette eine Geschwindigkeit von etwa 1,3—1,5 m in der Sekunde erteilt und gleichzeitig den inneren Rahmen mittels einer Zahnstange senkrecht gegen den Arbeitsstoß vorschiebt, wodurch das an der Kopfseite des Rahmens befindliche Kettenstück sich in den Stoß bis zu der gewünschten Schramtiefe einarbeitet.

Nach Erreichung dieser Tiefe zieht der Motor nach Umstellung eines Steuerhebels den Rahmen mit beschleunigter Geschwindigkeit zurück. Die Verstrebungen des Hauptrahmens werden gelöst, und die Maschine wird um ihre eigene Breite seitlich verschoben, worauf das beschriebene Verfahren sich wiederholt und so lange fortgesetzt wird, bis die ganze Ortsbreite abgeschrämt ist. Die Schramhöhe ist 11—13 cm. Da die Ebene der Schneidkette höher liegt als der Hauptrahmen, mit dem die Maschine auf der Sohle ruht, so wird der Schram

ebenfalls um dieses Stück über der Sohle hergestellt. Wenn nun die Maschine bei dem nächstvorderen Schram auf der zuerst stehen gebliebenen Kohlenbank aufliegen würde, so bliebe bei horizontaler Aufstellung der Maschine eine immer dicker werdende Schicht auf der Sohle stehen. Um dies zu verhüten, wird das hintere Ende der Maschine durch die dort untergelegte Schiene so weit erhöht, daß der Schram etwas einfallend hergestellt wird und in seiner größten Tiefe das Liegende des Flözes erreicht. Die Sohle erhält so eine abgetreppte Form, deren einzelne Stufen schwach geneigt sind, was aber meist nicht hinderlich ist.

Der Antrieb erfolgt entweder durch Elektrizität, wie bei der dargestellten Jeffrey-Maschine, oder durch Preßluft. Zum Fortbewegen der 1500 kg schweren Maschine dient ein besonderer Wagen (Fig. 262). Das Aufwinden der Ma-

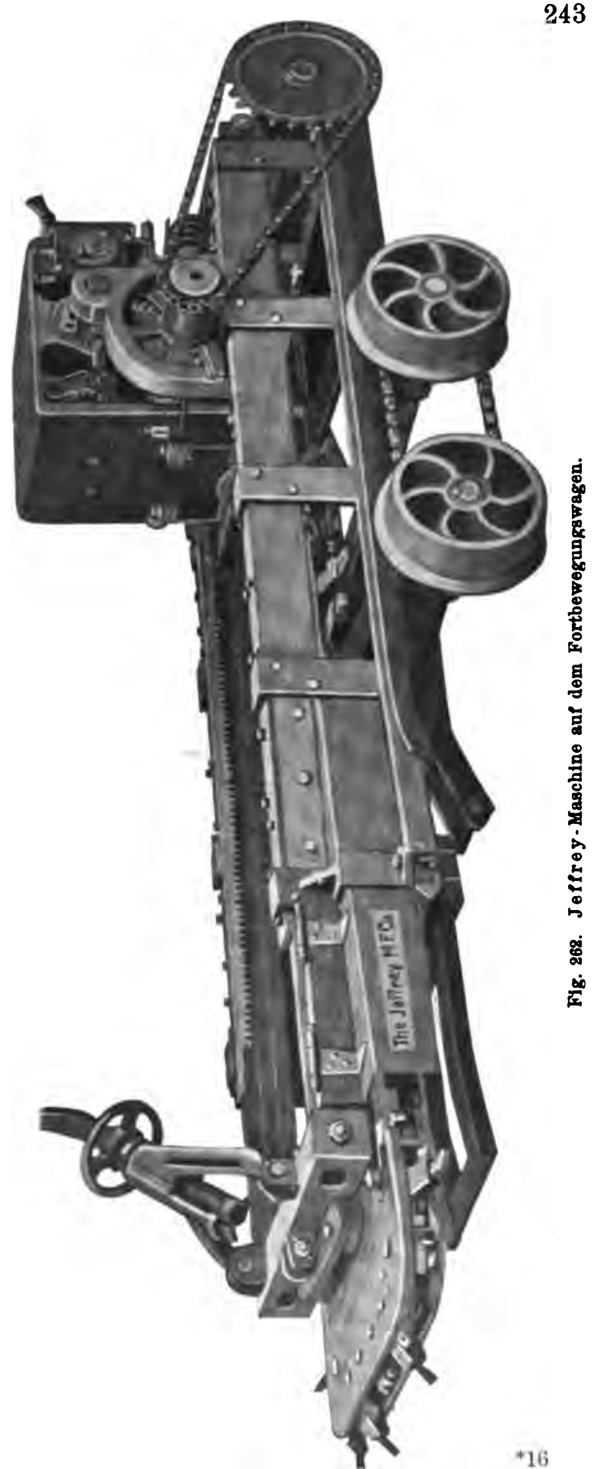


Fig. 262. Jeffrey-Maschine auf dem Fortbewegungswagen.

schine auf den Wagen und das Abwinden geschieht meist durch die Kraft des Motors. Die Leistungen solcher Maschinen können auf etwa 11—14 qm stündlich angenommen werden. Das einmalige Einschrämen des Kettenrahmens dauert nur etwa 6—7 Minuten und das seitliche Versetzen 2—3 Minuten.

Wegen ihrer Schwere können die Maschinen nur bei flacher Lagerung gebraucht werden. Auch haben sie einen großen Raumbedarf, da die verhältnismäßig langen Maschinen seitlich verrückt werden müssen. Demgemäß ist gutes Hangende für die Maschine Vorbedingung.

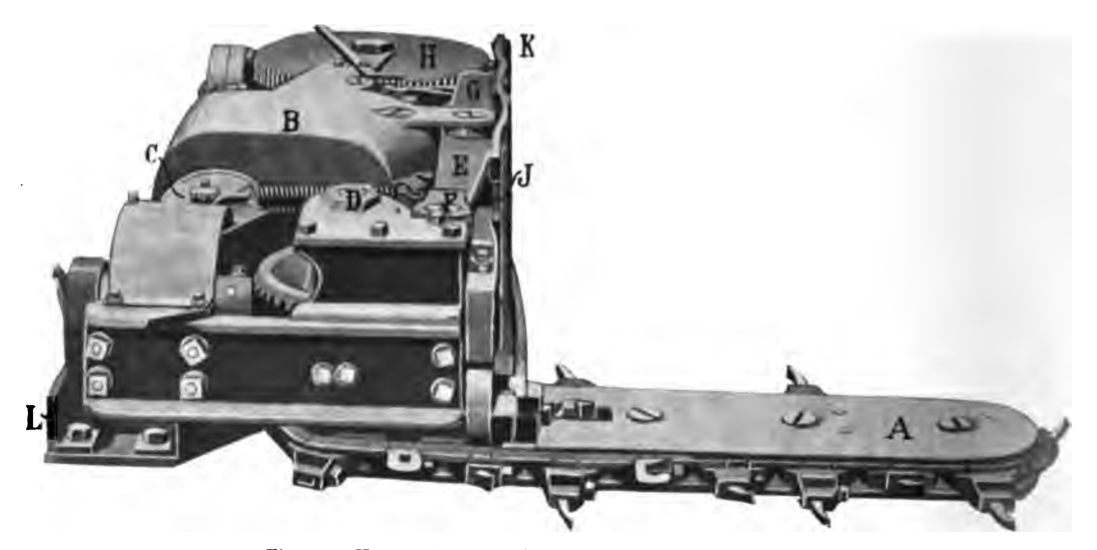


Fig. 263. Kettenschrämmaschine, System Morgan-Gardner.

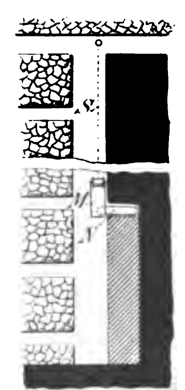


Fig. 264. Schema des Schrämmaschinenbetriebes beim Strebbau.

222. — Kettenschrämmaschine für Strebschrämarbeit. Die Kettenschrämmaschinen, die als Strebschrämmaschinen benutzt werden, sind in ihrer Wirkungsweise den Radschrämmaschinen ähnlich. In der Fig. 263 ist die Maschine System **Morgan-Gardner** dargestellt.

Eine Schneidkette läuft um einen schmalen, langgestreckten, an den Enden abgerundeten Rahmen *A* und wird von dem Elektromotor *B* durch das auf der senkrechten Achse *D* sitzende Zahnrad angetrieben. Der Motor treibt außerdem das Zahnrad *H* an, auf dessen Achse eine Windetrommel sich befindet. Auf dieser ist das Ende eines am Stoße gespannten Seiles aufgewickelt, und die Maschine zieht sich durch Aufhaspeln des Seiles am Strebstoße entlang, indem sie einen etwa 1 m tiefen Schram herstellt, wie dies aus der schematischen Fig. 264 ersichtlich ist. Die Maschine gleitet ohne irgendwelche Führungen auf der Sohle, indem sich die Gehäusewand *J* (Fig. 263) gegen den Stoß stützt.

Eine solche Maschine ist in der meist verwendeten Größe 2,14 m lang, 0,76 m breit und 0,53 m hoch. Das Gewicht ist 1675 kg. Der Motor hat 20 PS.

Radschrämmaschinen.

223. — Beschreibung. Bei den Radschrämmaschinen ist das eigentliche Schrämwerkzeug ein Rad, auf dessen Umfang Fräser sitzen, welche in den Kohlenstoß den Schram einschneiden. Fig. 265 zeigt eine solche Maschine nach dem System Garforth, wie sie z. B. auf Zeche Dorstfeld bei Dortmund seit längerer Zeit benutzt wird. Das Fräsrad ist an einer Eisenplatte, dem sog. Schmetterling, verlagert, die an dem Gestelle der Maschine befestigt ist und mit in den Schram hineinragt. Es wird durch ein kleines Zahnrad angetrieben, dessen Zähne in einen Speichenkranz des Rades eingreifen. Der Motor ist im vorliegenden Falle eine zweizylindrige Preßluftmaschine, deren Zylinder auf den beiden Enden des Wagens gegeneinander versetzt angeordnet sind. Bei anderen Systemen wird ein Elektromotor benutzt. Die Maschine fährt auf einem Schienengeleise am Arbeitsstoß entlang. Diese Bewegung wird durch die Maschine selbst bewirkt, indem ähnlich wie bei der Ketten-Strebschrämmaschine ein am Ende des Strebstoßes befestigtes Seil allmählich auf eine vorn an der Maschine angebrachte Seiltrommel aufgewickelt wird. In der Fig. 265 ist vorn rechts die Trommel und deren Antrieb durch Zahnradvorgelege deutlich sichtbar. Das Gewicht der Maschine beträgt je nach der Größe 1500—2500 kg. Bei mittelschweren Maschinen ist die Länge 3,1 m, die Breite 85 cm und die Höhe einschließlich der Schienen 0,7 m. Das Schrämrad hat einen Durchmesser von 1,6 m, aber die Schramtiefe beträgt, da ja ein Teil des Rades wegen des Antriebes außerhalb des Schrams verbleiben muß, nur etwa 1,25 m. Die Kosten der Maschine belaufen sich auf 7—8000 M.

Die Bauart der Maschine läßt sich leicht in der Beziehung abändern, daß das Rad je nach der Lage des Schrampackens im Flözprofil höher oder niedriger angebracht wird.

224. — Betrieb mit solchen Schrämmaschinen.[1]) Der Maschinenbetrieb beginnt damit, daß die Maschine sich zunächst einbruchartig in den Stoß hineinarbeitet, falls nicht eine untere Sohlenstrecke als Einbruch benutzt werden kann. Die Vorwärtsbewegung hierfür muß ihr von außen erteilt werden und geschieht in der Weise, daß man mit Winden, die sich gegen einen Stempel legen, das verschiebbare Gleisstück vorpreßt, auf dem die Maschine steht. Sobald die volle Schramtiefe erreicht ist, beginnt die Maschine sich selbsttätig am Seile nach unten oder oben zu arbeiten. Bei dem großen Gewichte und den großen Abmessungen der Maschine ist es natürlich nicht möglich, sie über ein bestimmtes Einfallen hinaus zu verwenden. Bis jetzt bilden 25° die obere Grenze.

Um die Maschine voll auszunutzen, ist es erforderlich, Strebbau mit breitem Blick (siehe S. 247) anzuwenden und möglichst lange Strebstöße von 80—120 m in einem Angriffe abzuschrämen. Es braucht dann für diese Länge nur einmal das lästige Einbruchschrämen vorgenommen zu

---

[1]) Sammelwerk Bd. IV, S. 101ff.



Fig. 265. Radschrämmaschine von Garforth.

werden. In einer Schicht können etwa 100 qm unterschrämt werden. Auf Zeche Dorstfeld ist der Betrieb auf 3 Schichten verteilt. Während der einen wird der Strebstoß abgeschrämt. Dabei wird die Oberbank sofort hinter der Maschine in dem etwa 10 cm hohen Schrame verbolzt. Die zweite Schicht hat die Kohle hereinzubänken und zu fördern. Die dritte Schicht verbaut, führt die Strecken nach und stellt den Bergeversatz her.

Störungen im Betriebe sind selten, solange Kohle und Dach gut stehen und die Lagerung regelmäßig ist. Brüchige Kohle und schlechtes Dach hindern dagegen den Betrieb sehr. Bricht nämlich die Kohlenbank zu frühzeitig herein, so wird das Rad festgeklemmt. Bei schlechtem Dache ist es schwierig, die lange, völlig gradlinige Gasse für die Maschine offen zu halten, so daß diese selbst verschüttet werden kann. Besonders unangenehm sind Unregelmäßigkeiten in der Lagerung, da alle kleinen Sprünge oder Falten durch Handarbeit überwunden werden müssen. Verlaufen diese Störungen diagonal, so kann auf eine größere streichende Erstreckung die Anwendung der Maschine unmöglich sein. Nach Überwindung der Störung muß erst wieder ein neuer Arbeitsstoß für die Maschine hergerichtet werden.

Regelmäßige Lagerung ist deshalb geradezu als Voraussetzung für die Benutzung von Strebschrämmaschinen zu bezeichnen.

4. Aussichten des Schrämmaschinenbetriebes beim deutschen Kohlenbergbau.

225. — Abwägung der Vor- und Nachteile, Vergleich. Überblickt man die Vor- und Nachteile der besprochenen Maschinenarten, so läßt sich bezüglich der Stoßschrämmaschinen feststellen, daß die fahrbaren (Ingersoll-) Maschinen in jeder Hinsicht durch die Säulenschrämmaschinen überholt sind. Diese leisten beim Streckenauffahren Vorzügliches und werden hierfür ihren errungenen Platz voll behaupten. Für den Abbau sind ihre Leistungen im allgemeinen zu gering; die Strebschrämmaschinen leisten wohl etwa das Sechsfache.

Was die bei der Arbeit fest verspreizten Kettenschrämmaschinen angeht, so wird es bei den deutschen Verhältnissen sehr selten sein, daß ein günstiges Zusammentreffen der Lagerungsbedingungen die Verwendbarkeit der an sich leistungsfähigen Maschinen gestattet.

Etwas günstiger liegen die Aussichten für die Strebschrämmaschinen, da der erforderliche, freie Raum zwischen Kohlenstoß und Bergeversatz nur verhältnismäßig schmal zu sein braucht. Die Leistungen entsprechen voll den Anforderungen, die an eine Schrämmaschine für den Abbau zu stellen sind. Leider sind die sonstigen Voraussetzungen des Betriebes — genügend regelmäßige Lagerung und flaches Einfallen — in Deutschland selten vorhanden, so daß an eine allgemeinere Verwendung der Maschinen auf der Mehrzahl der Gruben nicht zu denken ist.

Hieraus folgt als Schlußergebnis, daß man für uns die Frage der Schrämarbeit bei Streckenbetrieben durch die um eine Säule schwenkbaren Maschinen als gelöst ansehen kann. Für den Abbau bleibt aber eine Maschine, die mit der Leistungsfähigkeit der bisher bekannten Strebschrämmaschinen die Anpassungsfähigkeit der Säulenmaschinen verbindet, noch zu erfinden.

V. Abtreibevorrichtungen zum Ersatze der Sprengarbeit.

226. — Vorbemerkungen. Der Ersatz der Sprengarbeit durch Abtreibe- und Keilvorrichtungen kommt hauptsächlich für Schlagwettergruben in Betracht. Wenn auch die Verwendung der genannten Vorrichtungen bisher eine größere Verbreitung nicht hat gewinnen können, so ist doch die Frage des Ersatzes der Sprengarbeit in sicherheitlicher Beziehung wichtig, und es werden so viele, stets erneute Versuche auf diesem Gebiete gemacht, daß darauf näher eingegangen werden muß.

Schon die gewöhnliche Hereintreibearbeit mit Fimmel (Spitzkeil) und Fäustel (vergl. S. 121) kann unter Umständen an die Stelle der Sprengarbeit treten. Weit leistungsfähiger sind aber die eigentlichen Abtreibevorrichtungen, für deren Anwendung es eines eigens hierfür hergestellten Bohrloches bedarf.

Eine Hauptbedingung für die Anwendung von Abtreibevorrichtungen ist die Herstellung eines genügend tiefen Schrames oder das Vorhandensein von freien Flächen, wie sie sich z. B. beim Streckennachreißen und manchmal beim Abbau von selbst ergeben. Man kann wohl „aus dem Vollen“ schießen; es ist aber unmöglich, in entsprechender Weise mit Abtreibevorrichtungen zu arbeiten. Überhaupt muß man beachten, daß keine Abtreibevorrichtung genügende Festigkeit besitzt und hinreichenden Druck erzeugen kann, um das geschlossene, gesunde Gebirge auseinander zu reißen. Wenn man mit solchen Vorrichtungen Erfolge erzielen will, so müssen natürliche Schichtflächen mit guten Lösungen vorhanden sein. Auf diesen Flächen des geringeren Zusammenhaltes kann es gelingen, die Schichten nach dem Schram hin aufzuspalten und auseinander zu treiben.

Die Abtreibevorrichtungen beruhen entweder auf der Wirkung von Keilen oder von Preßpumpen.

227. — Treibkeile. Das einfachste Mittel, die Wirkung des Keiles zu erhöhen, ist die Verwendung sog. Legeisen. Die Legeisen sind Eisenbleche oder kurze Eisenplatten, die in ein mit der Keilhaue oder mit Fäustel und Fimmel hergestelltes, rechteckiges Loch gesteckt werden. Zwischen sie wird der Breitkeil eingetrieben, der so weniger Reibung findet, als wenn er unmittelbar in die Kohle oder das Gestein selbst eindringen muß.

Das Einschlagen der rechteckigen Löcher für die Legeisen ist aber eine lästige und zeitraubende Arbeit. Seitdem man gelernt hat, mit Handbohrmaschinen genügend weite, runde Löcher schnell und mit verhältnismäßig wenig Mühe zu bohren, hat man die Form der Legeisen der Form des runden Bohrlochs angepaßt. Fig. 266 z. B. zeigt einen Treibkeil der Aktien-Gesellschaft Westfalia zu Gelsenkirchen mit abgerundeten Außenbacken, in deren schwalbenschwanzförmigen Führungen der Mittelkeil gleitet. Der ganze Keil hat 40—60 mm Durchmesser.

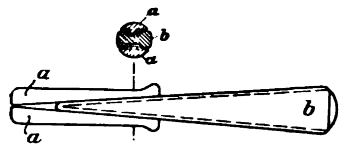


Fig. 266. Westfalia-Treibkeil.

Die Keile der englischen Hardy Pick Co. sind fünfteilig. Ihre Anwendung setzt ein 55 mm weites Bohrloch voraus. Zuerst werden die

halbrunden beiden äußeren Legekeile mit dem dicken Ende nach vorn eingeführt, zwischen die sodann das zweite Paar gleichzeitig eingetrieben wird. Schließlich folgt der mittlere Plattkeil. Da die Keile sehr schlank sind, besitzen sie eine verhältnismäßig große Treibkraft.

228. — **Rammkeil von François.** Um beim Eintreiben des Keiles eine kräftige Schlagwirkung zu erzielen, versieht François seine Keile (Fig. 267) mit einer Rammvorrichtung, die an dem zwischen die Außenbacken *a a* einzutreibenden Keile *b* selbst angebracht ist. An diesen ist hinten eine viereckige Stange *c* als Gleitbahn angeschweißt, auf der ein kleiner Rammbär *d* auf Rollen hin und her laufen kann. Dieser wird bei horizontaler Lagerung mittels einer Stange *e* bewegt und nach vorn gegen den Eintreibekeil geprellt. In ansteigenden Strecken soll der Rammbär mit

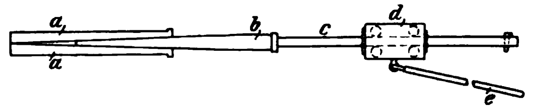


Fig. 267. Rammkeil von François.

einer Schnur bewegt werden, die über eine am Keile befestigte Rolle geführt ist. In Belgien hat man mit solchen Keilen viel, aber wirtschaftlich unbefriedigend gearbeitet. Mehrere Versuchsreihen, die zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedenen Gruben mit diesen Apparaten durchgeführt wurden, ergaben z. B. beim Streckennachreißen einen täglichen Arbeitsfortschritt von 1,34 m bei 4,64 Frank Kosten gegenüber 1,88 m Arbeitsfortschritt und 3,55 Frank Kosten bei Benutzung von Sprengstoffen.

229. — **Bosseyeuse von Dubois und François.** Im Lütticher Kohlenbecken hat man stellenweise gute Erfolge mit der Bosseyeuse der Firma Dubois & François gehabt, die sogar für Querschlagsarbeiten benutzt worden ist. Bei dieser Vorrichtung wird der Keil auch eingerammt, aber nicht durch die Kraft des Arbeiters, sondern mittels Preßluft. Mit einer gewöhnlichen Stoßbohrmaschine wird zunächst ein genügend tiefer Schram hergestellt und sodann in entsprechender Entfernung ein Bohrloch von 80—100 mm Durchmesser gebohrt. In das Bohrloch schiebt man die Keilbacken. Man ersetzt nun an der Bohrmaschine den Meißelbohrer durch einen Rammklotz und treibt durch die so umgestaltete Maschine den Eintreibekeil in das Loch. In wirtschaftlicher Beziehung konnten die Leistungen freilich auch hier nicht befriedigen. Beim Querschlagsbetriebe haben z. B. die tägliche Leistung 71 % und die Kosten 143 % gegenüber Leistung und Kosten bei Verwendung von Dynamit betragen.

230. — **Keil mit Schraube.** Eine andere Gruppe von Keilapparaten sind diejenigen, bei denen man die mechanisch sehr wirksame Verbindung von Keil und Schraubenspindel ausnutzt. Als Beispiel sei der Heisesche Keil genannt (Fig. 268). Der etwa 1 m lange mittlere Hauptkeil *b* ist glatt durchbohrt und an seinem spitzen Ende gabelförmig aufgeschnitten. In der Bohrung liegt eine Spindel *c*, die mit zwei am hinteren Ende befindlichen Nasen

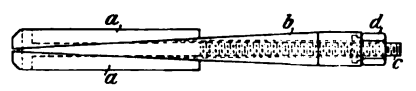


Fig. 268. Schraubenkeil.

in die beiden äußeren Keilbacken *a a* eingreift. Durch Drehung einer Mutter *d* mit einer gewöhnlichen Bohrknarre kann nun der mittlere Keil

in das Bohrloch geschoben und mit großer Gewalt zwischen die Außenkeile gepreßt werden, wobei diese auseinander treten. Der Keil ist zwar bei nicht allzu großer Vorgabe brauchbar, er konnte aber in wirtschaftlicher Beziehung mit der Sprengarbeit ebenfalls nicht in Wettbewerb treten.

231. — **Hydraulischer Keil.** Bei der Levetschen Keilvorrichtung lag der eigentliche Keil mit seinem dicken Ende im Bohrlochstiefsten zwischen zwei Außenbacken und wurde durch hydraulischen Druck unter Verwendung einer Preßpumpe mittels eines mit dem Keile verbundenen Kolbens und Zylinders herausgezogen. Die Keilvorrichtung gestattete zwar eine große Kraftentfaltung, war dafür aber auch recht unhandlich und schwer.

232. — **Höchstdruck und Hub der Keile.** Bei den bedeutenden Reibungsverlusten, die alle besprochenen Keilvorrichtungen besitzen, wird man unter fernerer Berücksichtigung der Größe der aufeinander gleitenden Flächen und deren zulässiger Belastung annehmen können, daß etwa nur ein Höchstdruck von 30000—40000 kg erzielbar ist. Der Hub beträgt 2—3 cm. Für manche Kohlen genügt ja eine solche Kraftentfaltung und solcher Hub, jedoch ist dies nicht stets der Fall. Für harte Kohle ist der Höchstdruck und für weiche Kohle der Hub zu gering, um ein Ablösen der Vorgabe zu bewirken.

233. — **Sprengpumpe.** Die zweite Gruppe der Abtreibevorrichtungen beruht auf der Wirkung der hydraulischen Presse. Hier wird jedoch der Wasserdruck nicht wie beim Levetschen Keil dazu benutzt, eine Keilvorrichtung in Bewegung zu setzen, sondern er wird unmittelbar auf das Gestein übertragen. Wirkungsweise und Handhabung erhellen aus den Figuren 269 und 270, welche die Sprengpumpe[1]) der Firma Ernst Heckel, Gesellschaft für Förderanlagen zu St. Johann-Saarbrücken, darstellen.

Die eigentliche Abtreibevorrichtung besteht aus einer parallelen Anordnung von 8 hydraulischen Preßkolben (*g*, *h* in der Fig. 269), die zusammen ein 500 mm langes Stück bilden. Vor Beginn der Arbeit befinden sich die Kolben im zusammengeschobenen Zustande. Die Zylinderräume der einzelnen Kolben sind durch Kanäle miteinander und durch ein Rohr mit der Handpumpe verbunden, die durch einen kurzen Hebel *b* betätigt wird und das benötigte Druckwasser mittels eines Gummischlauches aus einem am Verbindungsrohre aufgehängten Gefäß *a* ansaugt. *c* ist das Saug- und *d* das Druckventil der Pumpe. Durch Betätigung der Pumpe werden nun die Kolben aus ihren Zylindern *f* getrieben, wobei der erzeugte Druck unmittelbar auf das Gestein oder die Kohle übertragen wird. Zur gleichmäßigeren Verteilung des Druckes werden Eisenplatten unter die Kolbenfüße gelegt. Bei der Heckelschen Sprengpumpe sind die einzelnen Kolben, um einen tunlichst großen Hub zu erzielen, fernrohrartig ausziehbar eingerichtet (Kolben *h*, Fig. 269).

---

[1]) Glückauf: 1907, Nr. 31; Mentzel, Hereingewinnung unterschrämter Kohlenstöße mittels hydraulischer Sprengarbeit auf Gruben des Saarbezirks.

Die Vorrichtung wird für Bohrlochsdurchmesser von 80 und 100 mm geliefert, wobei man einen Hub von 55 bezw. 80 mm erzeugen kann. Ihr Gewicht beträgt 25 kg, der Preis 640 M.

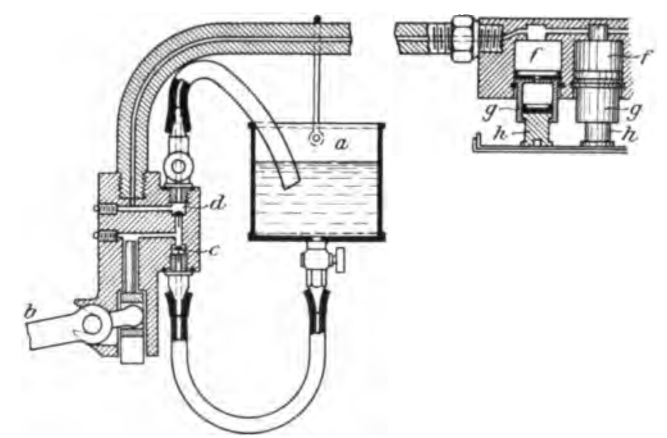


Fig. 269. Schnitt durch die Hauptteile der Heckelschen Sprengpumpe.

Bei diesen Pumpen kommt es sehr auf sachgemäße, richtige Behandlung an. Da die angewandten Drücke sehr hoch sein müssen und unter Umständen zweihundert Atmosphären erreichen, wird die kleinste Undichtigkeit ein Versagen zur Folge haben. Deshalb ist die Benutzung völlig reinen Wassers erforderlich. Auch wird man der Pumpe nicht

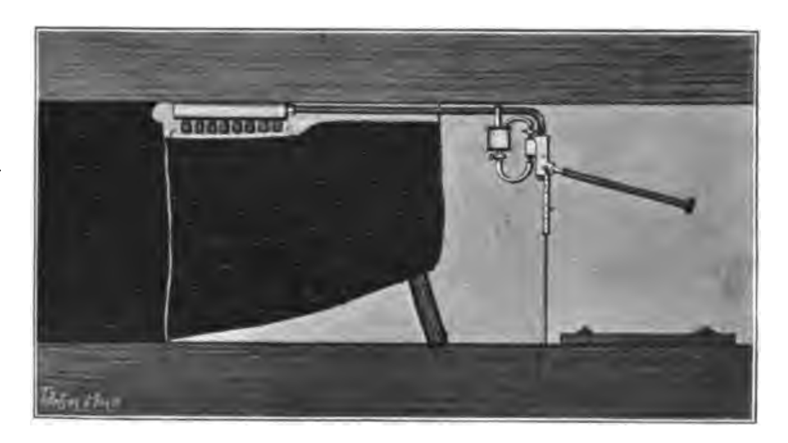


Fig. 270. Handhabung der Heckelschen Sprengpumpe.

mehr an Vorgabe zumuten dürfen, als sie tatsächlich ohne Überbeanspruchung leisten kann. Andernfalls würde die Vorrichtung selbst beschädigt werden.

Was die Leistungen und die Betriebskosten betrifft, so läßt sich darüber bei der Neuheit der Erfindung und angesichts der noch in letzter

Zeit daran vorgenommenen Verbesserungen kein abschließendes Urteil fällen. Auf Grube Luisenthal bei Saarbrücken stiegen bei einer Arbeit im Abbau infolge Einführung der Sprengpumpe die Kosten je 1 t Kohle von 2,28 bezw. 2,29 M. auf 2,43 bezw. 2,50 M. Dafür erhöhte sich aber der Stückkohlenfall. Ungünstiger waren dagegen die Ergebnisse bei der Vorrichtung. Die Herstellung von 1 m Strecke unter Benutzung der Sprengpumpe kostete 48,45 M. und die Gewinnung von 1 t Kohle 4,63 M., während bei Anwendung der Schießarbeit die Kosten sich auf nur 30,00 M. bezw. 2,40 M. stellten.

234. — Rückblick. Es ist also bisher noch nicht möglich gewesen, die Sprengarbeit mit wirtschaftlichem Nutzen durch Abtreibevorrichtungen zu ersetzen. Auch ist nicht zu verkennen, daß infolge der großen Fortschritte, die auf dem Gebiete der Sicherheitssprengstoffe, der Zündung der Sprengschüsse und des Schutzes der Gruben gegen die Schlagwetter- und Kohlenstaubgefahr durch Einführung der Berieselung zu verzeichnen sind, die Frage nach einem Ersatze der Schießarbeit allmählich an Bedeutung verloren hat.

Vierter Abschnitt.

Die Grubenbaue.

1. — Allgemeines. Unter der Bezeichnung „Grubenbaue" pflegt man die im Erdinnern zur Aufschließung der Lagerstätten, zur Vorbereitung ihrer Gewinnung und bei dieser Gewinnung selbst geschaffenen Hohlräume zusammenzufassen. Die Lehre von den Grubenbauen beschäftigt sich mit der zweckmäßigen Anlage dieser Hohlräume und der vorteilhaftesten, den verschiedenartigsten Lagerungs- und Betriebsverhältnissen am besten angepaßten Gestaltung des Abbaus selbst. Sie zerfällt in die 3 Hauptabschnitte: „Ausrichtung", „Vorrichtung" und „Abbau".

In den Abschnitt „Ausrichtung" gehören diejenigen Baue, welche den Zweck haben, die Lagerstätten zugänglich zu machen und durch fahrbare Wege mit der Erdoberfläche dauernd in Verbindung zu halten.

„Vorrichtungsbaue" sind solche, welche die Lagerstätte in Abschnitte, wie sie für den Abbau geeignet sind, zerlegen und gleichzeitig eine zweckmäßige Förderung, Fahrung und Wetterführung ermöglichen sollen; auch die für letztere Zwecke besonders hergestellten Baue gehören hierher.

Im allgemeinen kann die Grenze zwischen Aus- und Vorrichtungsbetrieben so gezogen werden, daß die ersteren außerhalb, die letzteren innerhalb der Lagerstätten getrieben sind. Jedoch erleidet diese Regel insofern Ausnahmen, als es auch Schächte und Gesteinstrecken gibt, welche der Vorrichtung dienen, indem sie, wie z. B. Stapelschächte und Abteilungsquerschläge, nicht zum Zwecke des bloßen Anfahrens der Lagerstätten getrieben sind, sondern eine zweckmäßige Baufelder-Abgrenzung, Förderung, Wetterführung oder Zuführung von Versatzbergen vermitteln sollen.

Der Begriff des „Abbaus" bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Bei Lagerstätten, welche, wie viele Braunkohlenflöze und Eisenerzlager, nur von einer dünnen Deckschicht überlagert und daher nach Abtragung der letzteren im sog. Tagebau zu gewinnen sind, treten Aus- und Vorrichtungsarbeiten ganz zurück, so daß diese letzteren Betriebe so gut wie vollständig auf die unterirdische Mineralgewinnung beschränkt bleiben.

I. Ausrichtung.

A. Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus.

2. — Hauptarten. Für die Art der Erschließung unterirdischer Lagerstätten von Tage her ist in erster Linie die Gestaltung der Erd-

oberfläche maßgebend, indem diese entweder die Lösung durch Stollen gestattet oder das Niederbringen von Schächten notwendig macht.

a) Stollen.

3. — **Ausrichtungsstollen.** In gebirgigen Gegenden sind, solange noch Mineralschätze oberhalb der Talsohle anstehen, die wichtigsten Ausrichtungsbetriebe die Stollen. Man versteht darunter querschlägig aufgefahrene, nahezu söhlige Gesteinbetriebe, welche von den Berghängen aus bis zu den Lagerstätten getrieben werden (s in Fig. 271). Je tiefer ein solcher Stollen angesetzt werden kann, um so größer ist die Teufe, welche er „einbringt“, oder die von ihm „gelöste“ Abbauhöhe. Jedoch muß sein Ansatzpunkt, das Stollenmundloch, naturgemäß mindestens oberhalb des Hochwasserspiegels der Talsohle liegen; in der Regel aber wird dabei auch noch auf die Erzielung einer gewissen Haldensturzhöhe Bedacht genommen. In manchen Fällen ist ein möglichst tiefer Ansatzpunkt nicht einmal vorteilhaft; so z. B., wenn nach Fig. 271 in der Nähe der Talsohle die Erdoberfläche wesentlich flacher geneigt ist

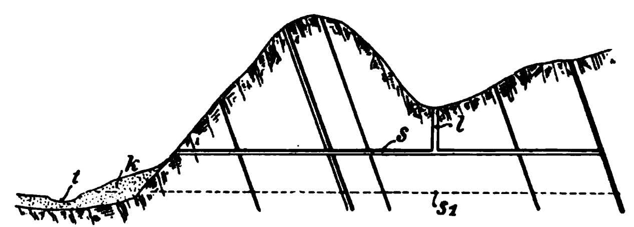


Fig. 271. Stollen mit Lichtloch.

als die Lagerstätte und daher der tiefere Stollen (s_1) nur wenig mehr Teufe einbringen, dabei aber unverhältnismäßig größere Kosten verursachen würde. Dieses Mißverhältnis zwischen Kosten und Erfolg würde auch bestehen, wenn der Stollen in der Nähe des Mundlochs zunächst eine größere Ablagerung lockeren oder rolligen Gebirges (k in der Figur) zu durchfahren hätte, was seine Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich erhöhen würde.

Die Fertigstellung längerer Stollen kann durch gleichzeitiges Vortreiben von mehreren Angriffspunkten aus beschleunigt werden. Als solche dienen sog. Lichtlöcher (l in Fig. 271), d. s. Schächte, welche möglichst an den Stellen, wo die Erdoberfläche sich mehr zum Stollen herabsenkt, niedergebracht werden und von denen aus nach beiden Seiten vorgetrieben wird. Diese Lichtlöcher dienen auch zur besseren Wetterführung und zur Abkürzung der Anfahrwege.

Anschlußstrecken, welche vom Stollen aus im Gestein oder in den gelösten Lagerstätten zu benachbarten Gruben getrieben werden, heißen „Flügelörter“.

4. — **Wasserlosungsstollen.** Vielfach dienen die Stollen nicht als Ausrichtungs-, sondern vorwiegend oder ausschließlich als Wasser- und Wetterlosungsbetriebe. Die zur Wasserabführung dienenden Stollen („Erbstollen“) waren früher, als die Mittel zur künstlichen Wasserhebung

noch sehr unvollkommen waren, auch für den Ruhrkohlenbezirk von großer Bedeutung, da sie den Abbau der höher anstehenden Flözstücke ohne Wasserhaltung ermöglichten, weshalb dem „Erbstöllner", der einen solchen Stollen zu treiben unternahm, wichtige Vorrechte eingeräumt wurden. Außerdem gestatten solche Stollen auch die Ausnutzung der ganzen Gefällehöhe zwischen Erdoberfläche und Stollensohle für die Krafterzeugung durch Wasserräder, Turbinen, Wassersäulenmaschinen u. dergl.

Solche Wasserlosungstollen haben vielfach sehr bedeutende Längen erreicht; der im Mansfeldschen etwas oberhalb des Spiegels der Saale angesetzte „Schlüsselstollen" ist 31060 m lang und in 77 Jahren mit einem Kostenaufwande von über $3^1/_2$ Mill. Mark aufgefahren worden. Als weiterer Beweis dafür, daß auch heutzutage die Bedeutung der Stollen noch nicht geschwunden ist, wenn entsprechende natürliche Bedingungen vorliegen, sei ein 1905 vollendeter, rund 15 km langer Stollen in Südfrankreich genannt, welcher die Tageswasser eines Braunkohlenbergbaugebiets im Hinterlande von Marseille unmittelbar in das Mittelmeer abführt.

Die Bedeutung der Stollen als Aufschließungsbaue ist für den deutschen Bergbau heute nur noch gering, da der Bergbau in den älteren Bergbaugebieten überall die Talsohle erreicht hat und daher zum Tiefbau übergegangen ist; als ein Bezirk mit jüngerem Bergbau, der sich noch der Stollen zur Ausrichtung bedient, sei das Minetterevier in Deutsch-Lothringen genannt. Das schließt jedoch nicht aus, daß einzelne Stollen auch in Berggegenden, wo man zum Tiefbau übergegangen ist, heute noch für die Entlastung der Wasserhaltung und Förderung von Bedeutung sind. So erspart der vorhin erwähnte Schlüsselstollen, der noch jetzt die sämtlichen Wasser des Mansfelder Kupferschieferbergbaus abführt, den Wasserhaltungen dieser Betriebe das Heben der Wasser bis zu Tage. Und auch der Saarbergbau bedient sich noch jetzt mit Nutzen der früher hergestellten Stollen, indem an deren Mundlöchern die Tagesanlagen oder Verladeeinrichtungen liegen und die geförderten Kohlen sowie die Grubenwasser somit verschiedentlich nur bis zur Stollensohle, in Hauptförderschächten, welche von dieser Sohle aus als blinde Schächte niedergebracht sind, gehoben zu werden brauchen. Zu erwähnen ist hier auch noch, daß bis vor kurzem der Rothschönberger Erbstollen bei Freiberg i. Sa. in einzelnen Strecken zur Förderung mit Schiffen benutzt wurde.

b) Schächte.

Arten der Schächte.

5. — **Allgemeines. Zweck der Schächte.** Im ebenen oder flachwelligen Gelände beginnt die Ausrichtung von der Tagesoberfläche aus durch Schächte. Gruben, die in dieser Weise aufgeschlossen werden, heißen Tiefbaugruben, im Gegensatz zu den Stollengruben.

Da die Schächte für Tiefbauzechen die einzige Verbindung mit der Erdoberfläche bilden, so haben sie eine ganze Reihe verschiedener Zwecke zu erfüllen, indem sie nicht nur zur Förderung, sondern auch zur Ein- und Ausfahrt der Belegschaft, zum Ein- und Ausziehen des Wetterstromes, zum Einhängen von Grubenholz und sonstigen Materialien, zur Einführung

der erforderlichen Wasser- und Druckluftrohre, der elektrischen Stark- und Schwachstromkabel usw. dienen. Je billiger nach Lage der örtlichen Verhältnisse die Herstellung der Schächte wird, um so mehr wird man diese Aufgaben auf mehrere Schächte für dasselbe Grubenfeld verteilen können. So ist es z. B. ein großer Vorzug der Saargruben, vielfach mehrere ausziehende Wetterschächte an den Feldesgrenzen zu besitzen oder in der Nähe von Dörfern oder Siedelungen Anfahrschächte herstellen zu können, durch welche die Leute mit geringem Zeitverlust zur Arbeitstelle gelangen; in Oberschlesien werden wegen der langen, beim Abbau der mächtigen Flöze gebrauchten Hölzer, deren Einförderung besondere Füllort-Einrichtungen erfordert und außerdem in Förderschächten viel Zeitverlust verursacht, besondere „Holzhängeschächte“ benutzt usw. Umgekehrt finden wir in Bergbaugebieten mit sehr teuren Schächten, wie z. B. im Norden des Ruhrkohlenbezirks, das Bestreben, jeden Schacht möglichst vollständig auszunutzen und daher z. B. besondere Ausziehschächte entweder ganz zu umgehen oder doch wenigstens gleichzeitig zur Förderung zu benutzen.

Gehen die Lagerstätten zu Tage aus, so liegt es bei steilerem Einfallen nahe, sie mit Hilfe „tonnlägig (donlägig)“, d. h. im Einfallen, niedergebrachter Schächte aufzuschließen, welche die Lagerstätte, in der sie abgeteuft werden, unmittelbar, die benachbarten Lagerstätten durch Vermittelung von Querschlägen abzubauen gestatten und so für die erstere als Vorrichtungs-, für die letzteren als Ausrichtungsbetriebe anzusehen sind. Im Gegensatz zu diesen Schächten werden die senkrecht oder nahezu senkrecht niedergebrachten Schächte als Seiger- oder Richtschächte bezeichnet.

6. — **Tonnlägige Schächte.** Tonnlägige Schächte sind in älteren Zeiten von großer Bedeutung gewesen und auch an Bergabhängen, an Stelle von Stollen, niedergebracht worden, wenn das Ausgehende der Lagerstätte in so geringer Höhe über der Talsohle lag, daß ein Stollen nicht viel Teufe eingebracht hätte. Auch heute noch werden sie in Bergbaugebieten, in welchen, wie in Transvaal und am Oberen See in Nordamerika, ein sehr gleichmäßiges, steiles Einfallen bei günstigen Gebirgsdruckverhältnissen vorherrscht, mit gutem Erfolge selbst für die Förderung aus großen Teufen benutzt. Sie haben unter solchen, für sie günstigen Verhältnissen verschiedene Vorteile: während des Abteufens lernt man das Verhalten der Lagerstätte kennen und macht die Arbeit ganz oder teilweise durch Mineralgewinnung bezahlt; auch braucht die Lagerstätte nicht erst durch Querschläge vom Schachte aus gelöst zu werden. Diesen Vorzügen stehen jedoch schwerwiegende Nachteile gegenüber: die Schächte kommen, weil ihre Stöße nicht senkrecht stehen, wesentlich stärker in Druck als Seigerschächte; sie sind weiterhin für die Förderung ungünstig, weil der Förderweg länger ist als in seigeren Schächten, weil außerdem ein starker Verschleiß der Fördergestelle, Schachtleitungen und Seile — auch wenn man diese nicht auf der Sohle schleifen, sondern über Rollen laufen läßt — eintritt, der in Seigerschächten nahezu völlig wegfällt, und weil endlich auch die Fördergeschwindigkeit wesentlich hinter der in Seigerschächten möglichen zurückbleibt. Liegen aber vollends die oben voraus-

gesetzten, günstigen Verhältnisse nicht vor, so erscheint die Benutzung tonnlägiger Schächte von einigermaßen größerer Teufe als ausgeschlossen. Das ist z. B. beim Steinkohlenbergbau in gefaltetem Gebirge der Fall. Hier wechselt infolge der Faltung das Flözfallen fortwährend, so daß diesen verschiedenen Einfallwinkeln lauter Knicke im Schacht entsprechen würden, eine Mulde aber das Ende des Schachtes bedeuten würde. Außerdem setzen auch Störungen, seien sie auch von geringer Bedeutung, dem Schacht ein Ziel, und endlich wird infolge der geringen Festigkeit der Kohle zwar die Anlage eines tonnlägigen Schachtes verbilligt, seine Unterhaltung aber durch den rasch wachsenden Gebirgsdruck ganz außerordentlich verteuert.

Diesen Bemerkungen widerspricht naturgemäß nicht, daß in früheren Zeiten, z. B. im Ruhrkohlenbezirk, zahlreiche tonnlägige Schächte für geringe Teufen in Betrieb gewesen sind, zumal sie für die damals zur Verleihung kommenden Längenfelder, welche nur 1 Flöz oder eine Gruppe benachbarter Flöze umfaßten, in den oberen Flözteilen das gegebene Aufschließungsmittel waren.

Tonnlägige Schächte mit Knicken nennt man gebrochene, solche mit geringer Neigung, entsprechend einem flachen Einfallen der Lagerstätte, „Flache" oder „Laufschächte".

7. — **Seigere Schächte.** Seigere Schächte sind in allen Fällen, in welchen Deckgebirge von einiger Stärke vorhanden ist, das einzig in Betracht kommende Ausrichtungsmittel. Sie finden aber außerdem jetzt aus den oben angeführten Gründen auch dort ausschließlich Verwendung, wo die Lagerstätten zutage ausgehen, falls nicht etwa die Verhältnisse ganz besonders günstig für tonnlägige Schächte liegen.

Die Vorteile der seigeren Schächte ergeben sich ohne weiteres aus den oben angeführten Nachteilen der tonnlägigen Schächte.

Schachtansatzpunkt.

8. — **Allgemeines.** Für die Beantwortung der wichtigen Frage nach der richtigen Wahl des Schachtansatzpunktes, d. h. derjenigen Stelle, an welcher ein neuer Schacht abgeteuft („niedergebracht" oder „geschlagen") werden soll, kommen die Lagerungsverhältnisse einerseits, die Verhältnisse an der Tagesoberfläche anderseits in Betracht.

9. — **Verhältnisse unter Tage.** Unter Tage ist zunächst die Art des Auftretens der Lagerstätten von Bedeutung. Setzen durch das Grubenfeld nur wenige Lagerstätten in geringem Abstande voneinander, so wird man bei der Wahl des Schachtpunktes mehr auf ihre Lage Rücksicht nehmen müssen als bei einer großen Anzahl über das ganze Feld verteilter Lagerstätten. Reichhaltige Teile des Grubenfeldes verdienen mehr Berücksichtigung als ärmere. Bei steiler Lagerung ist die Lage des Schachtes mehr an den Verlauf der Lagerstätten gebunden, als bei flachem Einfallen. Im übrigen stoßen wir bei der Berücksichtigung des Gebirgsfallens auf widerstreitende Erwägungen. Die Querschlag-Förderwege werden nämlich am kürzesten und die laufenden Querschlag-Förderkosten am niedrigsten, wenn der Schacht z. B. in die Mitte einer Mulde gesetzt oder, bei gleichmäßiger Flözneigung, möglichst weit nach dem Hangenden hin niedergebracht wird („vorgeschlagene" Schächte, Fig. 273).

In beiden Fällen werden die Förderlängen zum Schacht hin auf das denkbar kleinste Maß gebracht, indem Rückförderung vermieden wird und jede Abwärtsbewegung in den Flöz-Bremsbergen gleichzeitig eine Vorwärtsbewegung in der Richtung zum Schachte ist; auch kann in Fig. 273 gegenüber der Lage eines Schachtes bei s_2 an Querschlägen gespart werden. Jedoch ist hinsichtlich der Muldenschächte zu bemerken, daß dieser ihr Vorzug nur in Mulden mit gleichem Fallwinkel auf beiden Flügeln auch für größere Teufen bestehen bleibt, während in der Mulde nach Fig. 272 mit unsymmetrischem Bau, also schiefer Achse, der Schacht für die tieferen Flöze ungünstiger steht. Ferner ist zu berücksichtigen, daß nach den Erfahrungen der neueren Zeit (siehe unten im Abschnitt „Abbauwirkungen") die Schacht-Sicherheitspfeiler nach unten hin fortgesetzt stärker werden müssen und daß diese Zunahme nach der unteren Abbaugrenze hin, d. h. nach der Seite, auf welcher die Flöze dem Schachte zufallen, bedeutend größer ist als nach der anderen Seite, daß also Schächte in der Mulde oder im Hangenden einer Flözgruppe große Kohlenverluste im Sicherheitspfeiler verursachen. In dieser Hinsicht stehen Schächte im Liegenden bedeutend günstiger da; soweit sie die Lagerstätten durchsetzen, bedürfen sie wesentlich geringerer Sicherheitspfeiler als die Schächte im Hangenden, sowohl wegen der steileren Bruchwinkel an den oberen Abbaugrenzen (siehe unten) als auch wegen der geringeren Teufen, in denen die Lagerstätten den Schacht schneiden (vergl. s_2 und s_1 in Fig. 273).

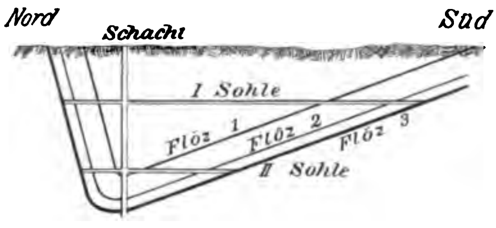


Fig. 272. Schacht in einer Mulde.

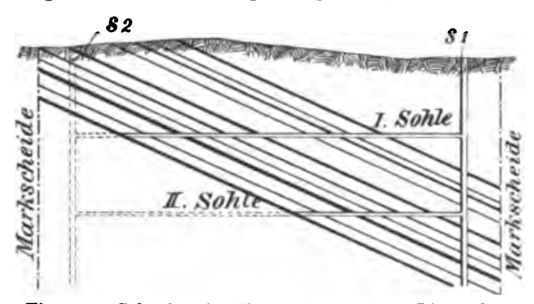


Fig. 273. Schächte im Hangenden und im Liegenden.

Für das außerhalb der Flöze stehende Stück des Schachtes s_2 würden überhaupt keine Sicherheitspfeiler zu belassen sein, so daß der Abbau ohne Rücksicht auf den Schacht geführt werden könnte. Dieser Gesichtspunkt wird in Zukunft mit der wachsenden Abbauteufe von stets größerer Bedeutung werden. Beide Forderungen — niedrige Querschlagförderkosten und geringe Kohlenverluste — werden gleichzeitig erfüllt, wenn der Schacht auf eine Sattelkuppe gestellt werden kann.

10. — **Bedeutung des Deckgebirges.** Auch die Mächtigkeit und Beschaffenheit eines etwa über dem flözführenden Gebirge noch auftretenden Deckgebirges sind für die Wahl des Schachtpunktes von Bedeutung, sei es nun, daß dieses Gebirge das Schachtabteufen wesentlich erschwert oder daß es doch wenigstens den Ausbau des Schachtes ver-

teuert. Man wird daher nach Möglichkeit, d. h. soweit es anderweitige Erwägungen gestatten, den Schacht dorthin setzen, wo die geringsten Mächtigkeiten dieses Deckgebirges zu erwarten sind. Namentlich ist bei Auftreten von diluvialen Sand- und Kiesschichten, deren Mächtigkeit erfahrungsgemäß schnell und stark wechselt, eine Aufsuchung der günstigsten Stelle durch mehrere Tiefbohrungen durchaus ratsam, da deren Kosten gegenüber den dadurch beim Abteufen zu erzielenden Ersparnissen keine Rolle spielen.

11. — **Verhältnisse über Tage.** Auch die Verhältnisse an der Tagesoberfläche sind zu berücksichtigen. Zunächst wird zweckmäßig eine Stelle gewählt, an welcher die Kosten für den Grunderwerb, nicht sowohl für den Schacht selbst, als für die mit ihm zusammenhängenden Tagesanlagen, möglichst gering sind. Ferner ist bei Gruben, welche, wie Steinkohlenzechen, auf Massenabsatz eingerichtet werden müssen, auf einen möglichst bequemen und billigen Eisenbahn-, Fluß- oder Kanalanschluß zu sehen. Außerdem muß die Schachtöffnung hochwasserfrei sein; auch ist eine natürliche Haldensturzhöhe von der „Rasenhängebank" des Schachtes aus vorteilhaft. Jedoch lassen sich diese Bedingungen auch durch eine „Aufsattelung" des Schachtes, d. h. durch Schaffung einer künstlichen höheren Hängebank, ohne große Mehrkosten erfüllen.

12. — **Schachtbaufelder.** Umfaßt ein Bergwerksbesitz ein größeres Feld, das für mehrere Schachtanlagen Raum bietet, so ist gleichzeitig mit der Frage nach der Wahl der richtigen Schachtpunkte auch diejenige nach der zweckmäßigsten Einteilung des ganzen Grubenfeldes in einzelne Baufelder zu entscheiden. Bezüglich der Größe dieser einzelnen Felder läßt sich nur allgemein sagen, daß dem einzelnen Förderschacht ein um so größeres Feld zuzuweisen ist, je tiefer und kostspieliger der Schacht ist. Denn eine zu große Anzahl von Schächten bedeutet nicht nur ein unverhältnismäßig großes Anlagekapital infolge der großen Ausgaben für die Schächte, Fördergerüste, Tagesanlagen, Maschinen, Bahnanschlüsse usw., sondern auch eine starke Erhöhung der laufenden Förderkosten durch die stärkere Bedienungsmannschaft, den größeren Verschleiß an Schachtleitungen, Förderseilen u. dergl., während auf der anderen Seite die kleineren Baufelder keine genügenden Gegenwerte zuliefern imstande sind.

Besonders sind große Schacht-Baufelder dann zu bevorzugen, wenn wegen dichter Bevölkerung die Kosten der Tagesanlagen und die mit ihnen verbundenen Belästigungen durch Rauch, Kokereigase, Haldenbrand u. dergl. beträchtlich sind und auf der anderen Seite die Kosten für die unterirdische Streckenförderung sich bei Massenförderung stark herabdrücken lassen.

Allerdings darf hinwiederum auch die Zahl der Schächte nicht zu gering genommen werden, wenn man nicht unter Tage zu lange Förder- und Wetterwege erhalten und den Abbau innerhalb eines Baufeldes zu sehr verlangsamen will. Naturgemäß spielen auch die Lagerungsverhältnisse hier hinein: reiche Ablagerungen gestatten eine kleinere Bemessung der Baufelder als arme, bei gutem Gebirge ist die Länge der unterirdischen Strecken von geringerer Bedeutung als bei druckhaftem Hangenden, größere Verwerfungszonen, deren Durchörterung man wegen des hohen Gebirgsdrucks und der Gefahr von Gas- und Wasserdurchbrüchen möglichst vermeidet, werden als natürliche Abbaugrenzen benutzt usw. — Liegen unter-

halb eines wassereichen Deckgebirges wertvolle Salzlager, wie im deutschen Kalisalzbergbau, so tritt noch die weitere Erwägung hinzu, daß jede Durchörterung des Deckgebirges durch einen Schacht eine Gefährdung der Mineralschätze durch die Wasser des Deckgebirges nach sich ziehen kann, eine Beschränkung der Zahl der Schächte also erwünscht ist.

Bezüglich der Form der einzelnen Schachtfelder läßt sich der allgemeine Grundsatz aufstellen, daß reiche Flözablagerungen eine größere querschlägige, flözarme Gebirgsmittel eine größere streichende Ausdehnung der Felder vorteilhaft machen; im ersteren Fall erhält man durch die querschlägige Ausrichtung eine große Anzahl einzelner Bauflügel und damit die Möglichkeit einer vorteilhaften Mineralgewinnung von zahlreichen Angriffspunkten aus, im letzteren Fall werden übermäßig lange Querschläge, denen keine genügenden nutzbaren Aufschlüsse entsprechen würden, vermieden. Diese Unterschiede werden noch verstärkt, wenn die reichere Flözfolge gleichzeitig steiler einfällt und dadurch die Querschlagkosten sich noch mehr verringern, oder wenn, wie das z. B. im Ruhrkohlenbezirk der Fall ist, ein reicher Flözzug (Gaskohlenpartie) sich gleichzeitig durch sehr druckhaftes, ein armer (Magerkohlenpartie) durch sehr festes Gebirge auszeichnet und infolgedessen größere streichende Längen im ersten Fall ebenso nachteilig, wie im zweiten unbedenklich sind.

13. — **Zwillingschächte.** Den obigen Ausführungen entspricht die Vorliebe, die man jetzt namentlich in Gebieten mit dichter Bevölkerung und billiger unterirdischer Streckenförderung für Zwillingschächte (oder auch Drillingschächte) hat. Durch die Vereinigung von je 2 Schächten zu einer Doppelanlage werden zunächst die Grunderwerbskosten und die Belästigungen der Nachbarschaft durch die Tagesanlagen wesentlich verringert. Ferner tritt an die Stelle der doppelten Zahl von Kessel-, Maschinen- und Gebäudeanlagen bei getrennten Schächten hier eine geringe Anzahl entsprechend größerer Anlagen, deren Beschaffung und Unterhaltung im Verhältnis wesentlich billiger ist; allerdings ist dieser Gesichtspunkt bei weitgehender Anwendung elektrischer Betriebskraft, die sich bequem in die Ferne leiten läßt, von geringerer Bedeutung. Weiterhin erzielt man eine erhebliche Ersparnis an Löhnen, da die Zahl der Tagesarbeiter bei einer Doppelanlage niedriger ist als auf 2 Einzelschächten. Dazu kommt der Vorteil, daß man jederzeit über eine Reserve der Förderanlage sowohl wie überhaupt der Tageseinrichtungen verfügt. Auch kann stets ein Schacht zur Unterfahrung des anderen und damit in vorteilhafter Weise zur Vertiefung des letzteren um einen weiteren Sohlenabstand benutzt werden, während beim ersten Abteufen im Deckgebirge zuerst nur ein Schacht niedergebracht zu werden braucht, um die bei ihm gemachten Erfahrungen für das Niederbringen des zweiten Schachtes verwerten zu können. Endlich wird bei hohen Abteufkosten auch die Wetterführung auf diese Weise am einfachsten und billigsten geregelt, indem der eine Schacht als Einziehschacht, der andere als Ausziehschacht eingerichtet wird und weitere Ausziehschächte gespart werden. (Näheres über die Bedeutung der gegenseitigen Lage von Ein- und Ausziehschacht folgt im Abschnitt „Grubenbewetterung".)

Um bei solchen Zwillingschächten zu verhüten, daß Betriebsstörungen oder Gefährdungen des einen Schachtes auch den anderen in Mitleidenschaft

ziehen, sind beide Schächte in genügender Entfernung voneinander herzustellen und mit getrennten Schachtgebäuden zu überbauen.

Schachtscheibe.

14. — **Form und Einteilung**. Der Schachtquerschnitt, der mit seinem Ausbau und seiner Einteilung Schachtscheibe genannt wird, kann rechteckig, quadratisch, kreisförmig, elliptisch oder durch 4 flache Bogen begrenzt sein. Die einzelnen Abteilungen des Schachtes werden als „Trumme“ oder „Trümmer“ bezeichnet.

15. — **Rechteckige Schächte**. Rechteckige Schachtquerschnitte sind schon in alten Zeiten gebräuchlich gewesen. Für tonnlägige Schächte ergibt sich als naturgemäße Querschnittsform diejenige eines langgestreckten Rechtecks (Fig. 274) mit Anordnung der einzelnen Trümmer nebeneinander, in der Streichrichtung der Lagerstätte; allerdings kommt infolge dieser einseitig ausgedehnten Form der Schacht stark unter Druck.

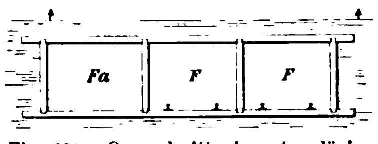


Fig. 274. Querschnitt eines tonnlägigen Schachtes.

In seigeren Schächten kann man den Querschnitt, um einen möglichst gleichmäßigen Gebirgsdruck und einen möglichst geringen Umfang bei einem und demselben Querschnitt zu erzielen, mehr dem quadratischen nähern. Beispiele für Bemessung der einzelnen Trümmer rechteckiger Schachtscheiben für die im Schachtquerschnitt unterzubringenden Förder- und Fahreinrichtungen, Rohrleitungen, elektrischen Kabel usw. bieten die Figuren 275 und 276. Zu diesen wie zu den folgenden sei von vornherein bemerkt, daß mit dem Vorrücken des Bergbaus in größere Teufen, welche die Zuführung größerer Wettermengen erfordern, mehr und mehr die Abkleidung besonderer Wettertrümmer wegfällt und an ihre Stelle selbständige Wetterschächte treten. — In diesen und den folgenden Figuren bedeutet *F* Fördertrumm, *Fa* Fahrtrumm, *P* Pumpen- (Rohr-) Trumm, *W* Wettertrumm.

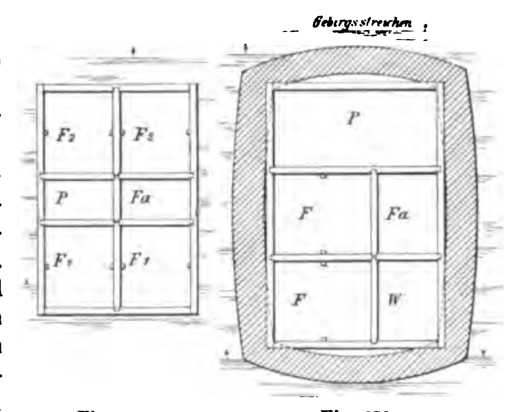


Fig. 275. Fig. 276.
Fig. 275 und 276. Schachtscheiben rechteckiger Schächte.

Seigere Schächte mit gestreckt-rechteckigem Querschnitt werden zur Erhöhung ihres Widerstandes gegen den Gebirgsdruck so gestellt, daß die kurzen Seiten des Rechtecks in die Streichrichtung des Gebirges zu liegen kommen (Figuren 275 und 276).

16. — **Runde Schächte**. Kreisrunde Schächte haben gegenüber den rechteckigen verschiedene wichtige Vorteile und sind daher jetzt fast

allgemein zur Herrschaft gelangt. Zunächst ist ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Gebirgsdruck die denkbar größte; der Druck verteilt sich nahezu gleichmäßig auf den ganzen Umfang; das Ausspitzen der Ecken, welches nicht nur sehr kostspielig und zeitraubend ist, sondern auch das Gebirge mehr in Bewegung bringt, fällt weg, und der Ausbau erhält die denkbar widerstandsfähigste Form, nämlich diejenige eines in sich geschlossenen Gewölbes. Außerdem ist das Verhältnis des Umfangs zum Inhalt, also der dem Gebirgsdruck ausgesetzten und durch den Ausbau zu verwahrenden Länge zum nutzbaren Schachtquerschnitt beim Kreise, namentlich bei großem Durchmesser am günstigsten; ein Kreis von 4 qm Querschnitt z. B. hat rund 7 m Umfang, ein solcher von 40 qm Querschnitt 22,4 m Umfang, während die Umfänge zweier Quadrate von 4 bezw. 40 qm Querschnitt 8 m bezw. 25,2 m betragen.

Freilich ergeben sich dafür in kreisrunden Schächten „verlorene" Ecken in Gestalt kleiner Segmente, die nicht genügend ausgenutzt werden können. Jedoch ist anderseits bei rechteckigem Schachtquerschnitt die vollständige Ausnutzung vielfach nur scheinbar, indem wegen der Notwendigkeit, 4 gerade Seiten als Grenzlinien zu erhalten, das eine oder andere Trumm größer als unbedingt nötig gewählt werden muß. — Ferner lassen sich runde Schächte von größerem Durchmesser zwar nicht mit Holz, wohl aber mit allen anderen Stoffen (Mauerung, Beton, Schmiede- und Gußeisen) ausbauen, während rechteckige Schächte auf schmiedeeisernen und hölzernen Ausbau beschränkt sind. Ausschlaggebend ist in dieser Hinsicht vielfach schon, daß nur runde Schächte mit wasserdichtem Ausbau ausgerüstet werden können.

Verschiedene Schachtscheiben runder Schächte zeigen die Figuren 277—282. Und zwar gibt Fig. 277 ein Beispiel eines Schachtes mit Fördereinrichtung für 1 Wagen auf jeder Fördergestell-Etage, Fig. 278 veranschaulicht eine für Gestelle mit je 2 Wagen nebeneinander, Fig. 279

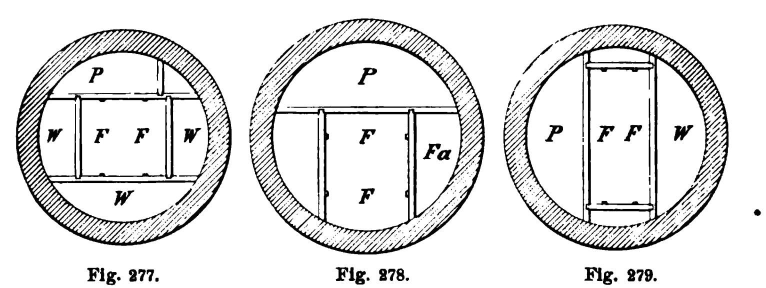


Fig. 277. Fig. 278. Fig. 279.

Fig. 277—279.[1]) Beispiele von Schachtscheiben runder Schächte mit einfacher Fördereinrichtung.

eine für solche mit je 2 Wagen hintereinander eingerichtete Schachtscheibe, während die Figuren 280—282 Beispiele von Schächten mit doppelter Fördereinrichtung liefern. Bei der letztgenannten Schachtscheibe ist eine möglichst vollkommene Raumausnutzung dadurch angestrebt, daß die beiden Nebenfördertrumme (für Gestelle mit 1 Wagen auf jeder Etage bestimmt)

---

[1]) Sammelwerk, Bd. III, S. 26.

nicht nebeneinander, sondern zu beiden Seiten der Hauptfördertrumme angeordnet sind.

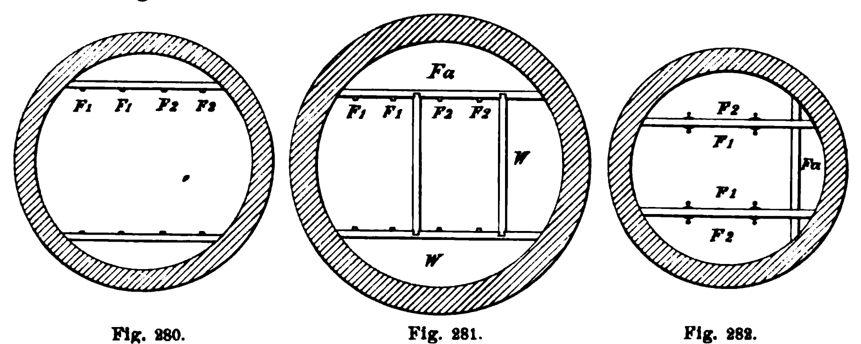


Fig. 280. Fig. 281. Fig. 282.

Fig. 280—282.[1]) Beispiele von Schachtscheiben runder Schächte mit Doppel-Fördereinrichtung.

17. — **Andere Querschnitte.** Elliptische Schächte (Fig. 283) haben keine Bedeutung erlangt, da sie die Nachteile der rechteckigen Schächte nur teilweise vermeiden und doch nicht die Vorteile der runden besitzen.

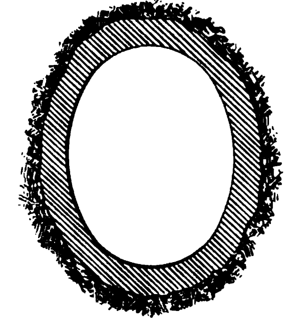


Fig. 283. Elliptischer Schacht.

Die Schächte mit 4 flachen Bogen (Fig. 276) sind im Grunde lediglich ausgemauerte rechteckige Schächte, da die Mauerung bei rechteckigem Querschnitt des Gebirgsdrucks wegen nicht aus 4 Scheibenmauern hergestellt werden darf, sondern aus 4 Gewölbebogen zusammengesetzt werden muß. Infolgedessen tritt hier zu den Nachteilen der rechteckigen Schächte noch derjenige der verlorenen Kreisabschnitte hinzu, so daß auch diese Querschnittform nicht empfohlen werden kann. — Im Ruhrbezirk ist sie verschiedentlich für das Durchteufen des Kreidemergel-Deckgebirges zur Anwendung gekommen, weil man die altgewohnte rechteckige Schachtform hier zum Abhalten der Wasser des Deckgebirges der Mauerung anpassen mußte.

18. — **Einteilung der Schachtscheibe.** Eine sehr wichtige Größe für die Einteilung der Schachtscheibe ist der Grundriß des Förderwagens der Grube, der für die Bemessung des Fördergestell-Grundrisses und damit der Fördertrumme ausschlaggebend ist.

Von den zahlreichen Anordnungen, welche sich bei Zugrundelegung dieser Grundfläche für die Schachtscheibe ergeben, ist durch Ausprobieren diejenige zu ermitteln, bei welcher der Querschnitt des Schachtes am besten ausgenutzt wird; dabei ist zu erwägen, wie die Fördertrümmer die zweckmäßigste Lage in bezug auf die Verhältnisse an der Erdoberfläche und in bezug auf die Hauptförderwege in der Grube erhalten und welche Lage der einzelnen Trümmer zueinander als die vorteilhafteste erscheint. U. a. ist auch darauf zu achten, daß nach Möglichkeit die Bedienung der Fördergestelle durch Durchschieben der Wagen erfolgen kann, was be-

[1]) Sammelwerk, Bd. III, S. 27 und 28.

sonders bei langen und schmalen Fördergestellen von Wichtigkeit ist; 2 Förderungen in einem und demselben Schachte werden aus diesem Grunde meist parallel zueinander gelegt. Bei geringer Länge der Förderwagen genügen schon Schachtdurchmesser von 5 m zur Unterbringung von 2 Förderungen.

19. — Größe des Querschnitts. Je teurer ein Schacht wird, um so eher pflegt man große Durchmesser zu wählen, um die Schachtscheibe möglichst günstig ausnutzen und insbesondere 2 Fördereinrichtungen in ihr anordnen zu können. Denn ein Schacht von großem Querschnitt wird wesentlich billiger und ergibt insbesondere auch ganz bedeutend geringere Reibungsverluste für den Wetterzug als 2 Schächte von geringem Durchmesser. Man findet daher neuerdings vielfach Schächte von 6—6,5 m Durchmesser. Häufig allerdings verhindern ungünstige Deckgebirgsverhältnisse das Niederbringen eines Schachtes in solcher Weite. Das bekannteste Beispiel für derartige Hindernisse ist der Schacht I der Zeche Rheinpreußen, welcher an seiner engsten Stelle nur 2,68 m lichte Weite besitzt und die Anordnung einer Weiche für die Fördergestelle an dieser Stelle notwendig gemacht hat.

Schachtteufen.

20. — Tiefste Schächte der Erde. Was die Teufen der Schächte betrifft, so haben gegenwärtig bereits verschiedene Schächte die 1000 m-Linie überschritten. Unter den tiefsten Schächten finden wir viele in Ländern mit altem Bergbau, wo die in den oberen Teufen anstehenden Lagerstätten verhauen sind. Jedoch kann vielfach, wie im nördlichen Teile des Ruhrbezirks und bei einer Anzahl deutscher Kalisalzbergwerke, die große Mächtigkeit des Deckgebirges auch für noch nicht lange betriebene Bergwerke bedeutende Schachtteufen erfordern. Obwohl beim Erzbergbau der Verhieb wesentlich langsamer erfolgt als beim Kohlenbergbau, finden wir doch auch Erzbergwerke mit sehr tiefen Schächten; es sind dies dann in der Regel Gruben mit sehr steil einfallenden Lagerstätten, bei denen der Abbau verhältnismäßig schnell in größere Teufen gelangt. Die überhaupt tiefsten Schächte sind sogar solche von Erzbergwerken (Kupferbergbau am Oberen See in Nordamerika). Einen Überblick über die tiefsten Schächte der Erde gibt nachstehende Zahlentafel:

Land	Name des Schachtes	Seiger oder tonnlägig	Seigere Teufe m
Deutschland	Kaiser Wilhelm II. (Clausthal) . . .	seiger	902
	Bockwa-Hohndorf II (Ölsnitz) . . .	"	890
	Radbod (Hamm i. W.)	"	877
	Kaliwerk Salzgitter	"	820
	Camphausen (Saarbrücken)	"	700
Nordamerika	Tamarack (oberer See)	tonnlägig	1830
	Red Jacket (oberer See)	"	1620
Belgien	Henriette (Grube Produits bei Flénu)	seiger	1200
Österreich	Maria (Přibram)	"	1126
Frankreich	Ronchamp (Vogesen).	"	1020
Australien	Lancells (Bendigo-Grube)	"	1007
England	New Moss (Manchester).	"	861[1])

[1]) Höhere Zahlen in der Literatur beziehen sich auf die tiefsten Grubenbaue in England.

B. Ausrichtung vom Schachte aus.

a) Sohlenbildung.

21. — **Grund der Sohlenbildung.** Handelt es sich, wie im Steinkohlenbergbau, um mehrere flachliegende Lagerstätten übereinander oder um geneigte Lagerstätten, so ist es nicht zweckmäßig, den ganzen Inhalt des Grubenfeldes an nutzbaren Mineralien an einer und derselben Stelle dem Förderschachte zuzuführen. Vielmehr wird in all diesen Fällen eine Zerlegung des ganzen Gebirgskörpers in einzelne Höhenabschnitte (Sohlen) erforderlich.

22. — **Sohlenbildung nach Flözen.** Die einfachste Art der Sohlenbildung ist bei ganz flacher oder nur ganz schwach und sehr regelmäßig geneigter Lagerung gegeben, wie sie in Deutschland nur selten (vorzugsweise in Oberschlesien), in England und Nordamerika dagegen als Regel auftritt. Man kann hier in der Weise vorgehen, daß jedes Flöz als eine Sohle für sich benutzt wird, so daß alle Förder-, Fahr- und Wetterwege nach Fig. 284

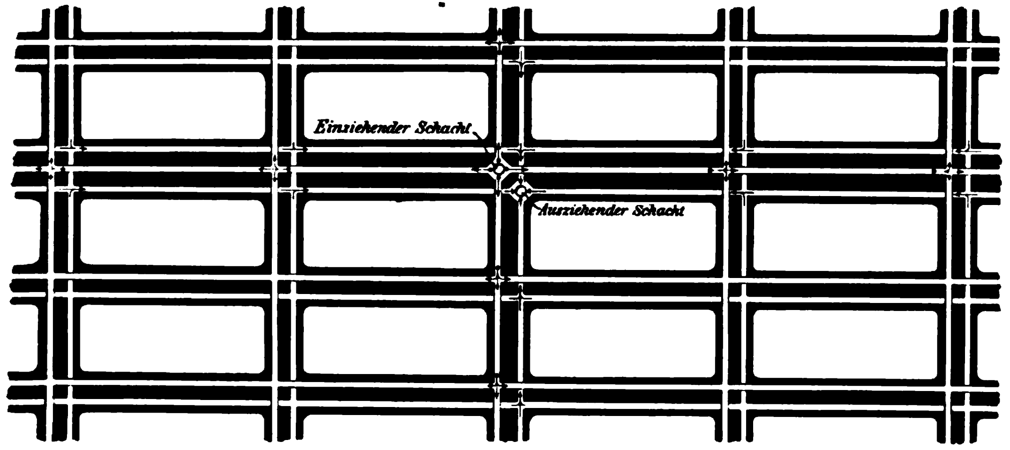


Fig. 284. Herstellung sämtlicher Sohlenbaue im Flöz unter Bildung je eines Streckennetzes für den Ein- und Ausziehstrom.

im Flöze hergestellt und Gesteinsarbeiten, abgesehen von dem etwa erforderlichen Nachreißen der einzelnen Strecken auf die ausreichende Höhe, gänzlich vermieden werden. Nach Beendigung des Abbaus in diesem Flöz wird von dem mittlerweile weiter abgeteuften Schachte aus in dem nächsten bauwürdigen Flöz eine neue Sohle „gefaßt“ usw.

Diese Sohlenbildung nach einzelnen Lagerstätten bietet zweifellos den Vorteil, daß die Mineralgewinnung sofort beginnen kann und die Kosten der Ausrichtung auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden, auch die Förderteufe im Schachte in den geringstmöglichen Stufen zunimmt. Jedoch stehen bei einigermaßen druckhaftem Hangenden und bei längerer Dauer des Abbaues eines Flözes, d. h. bei großer Flözmächtigkeit oder bei größerem Umfange des Baufeldes infolge hoher Schachtkosten, dem geschilderten Verfahren auch gewichtige Bedenken entgegen. Da mit dem fortschreitenden Abbau der Gebirgsdruck immer mehr entfesselt wird, so gestaltet sich die Aufrechterhaltung der erforderlichen Strecken immer teurer, so daß bald die erzielten Ersparnisse an Anlagekosten durch die

laufenden Unterhaltungskosten reichlich aufgewogen werden. Dazu kommen die **Nachteile für die Bewetterung der Baue**: der frische Strom hat fortgesetzt, ehe er an seinen Bestimmungsort gelangt, Gelegenheit, durch Berührung mit den Kohlenstößen sich mit schädlichen Gasen zu beladen; Ein- und Ausziehströme begegnen sich, wie die Figur veranschaulicht, in derselben Ebene, so daß die Bildung von Wetterabteilungen erschwert wird und an vielen Stellen die nicht gerade günstigen Wetterbrücken einzurichten sind. Auch würden sich bei völlig flacher Lagerung keine Förderwege mit Gefälle herstellen lassen.

In weitaus stärkerem Maße aber machen diese Übelstände sich geltend, wenn die Schichtenlagerung nicht völlig söhlig, sondern unregelmäßig, d. h. flach wellenförmig, und die durchschnittliche Flözmächtigkeit nur gering ist; das Auffahren von Flözstrecken erfordert dann, wenn die geradlinige Richtung unbedingt innegehalten werden soll, einen fortwährenden Wechsel des Gefälles oder ein häufiges Nachreißen des Nebengesteins, vielfach in bedeutendem Maße, oder aber es wird, wenn mit gleichbleibendem Ansteigen aufgefahren werden soll, ein fortgesetztes Umfahren der flachen Sättel und Mulden mit zahlreichen Streckenbiegungen erforderlich. Außerdem können hier durch unvermutete Wasseranzapfungen erhebliche Schwierigkeiten und Gefahren entstehen, indem die Wasser in den flachen Mulden sich sammeln und so die dahinter arbeitenden Leute durch „Wassersäcke" absperren können.

23. — Sohlen im Gestein. Daher ist es bei solchen Lagerungsverhältnissen im Flözbergbau vorzuziehen, eine Sohle mit ihren verschiedenen

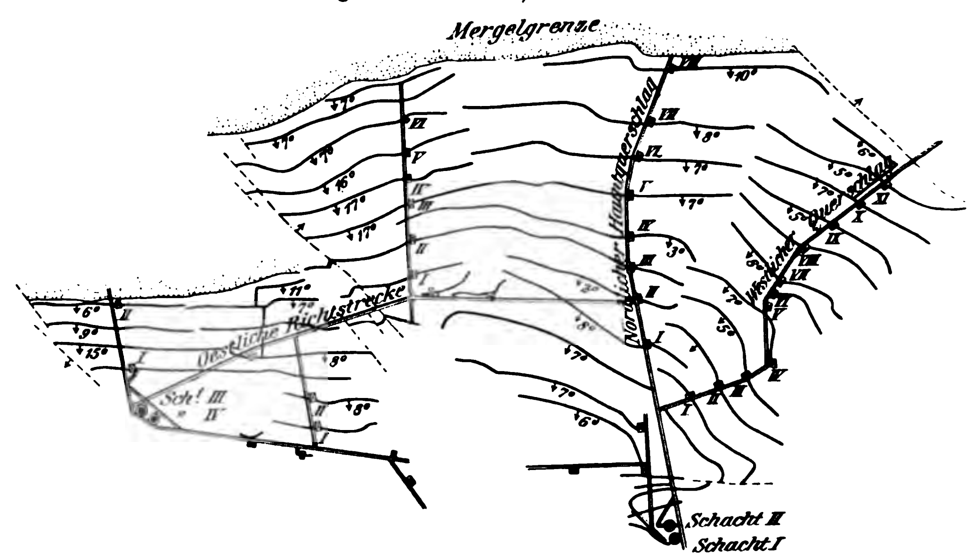


Fig. 285.[1]) Lösung des Flözes Bismarck auf Zeche Ewald durch Aufbrüche von einer Gesteinsohle aus.

Fahr- und Wetterwegen vollständig im Gestein herzustellen und von ihr aus die Lagerstätten durch kleine, seigere „Aufbrüche" (in Fig. 285 durch

[1]) Sammelwerk, Bd. II, Taf. IV.

römische Ziffern bezeichnet) zu lösen. Man erhält auf diese Weise ein Netz von streichenden und querschlägigen Gesteinstrecken unterhalb der Lagerstätten. Die Anlagekosten werden durch diese vielen Gesteinarbeiten naturgemäß wesentlich gesteigert, nicht nur wegen der größeren Härte des Nebengesteins im Vergleich zur Kohle, sondern auch wegen des Fortfalls der lohnenden Mineralgewinnung bei diesen Arbeiten. Dafür aber verringern sich die laufenden Unterhaltungskosten verhältnismäßig viel bedeutender, so daß die Benutzung einer Gesteinsohle auf die Dauer wesentlich billiger wird, zumal wenn mit einer solchen Sohle sich mehrere nahe benachbarte Flöze fassen lassen und infolgedessen die einmaligen Ausgaben sich auf eine größere Kohlenmenge verteilen.

24. — **Sohlenabstände.** Für die richtige Wahl der Höhenabstände dieser Gesteinsohlen, sowie der Sohlen bei geneigter Flözlagerung sind zwei Gesichtspunkte besonders wichtig, nämlich die Rücksicht auf die mit einer Sohle zu erschließende Mineralienmenge einerseits und die Rücksicht auf die Anlage- und Unterhaltungskosten der verschiedenen Sohlenstrecken und Querschläge anderseits. Es handelt sich darum, einen Sohlenabstand zu finden, bei welchem eine so reichliche Fördermenge auf eine Sohle entfällt, daß die Anlagekosten der letzteren sich möglichst gut bezahlt machen, bei welchem aber auch die anstehenden Mineralmengen hereingewonnen sind, ehe die Unterhaltungskosten der Sohlenstrecken und -Querschläge zu groß werden. Außerdem sind noch die Förderkosten zu berücksichtigen; je tiefer eine neue Sohle unter einer vorhandenen gefaßt wird, um so größer wird die Verteurung und Verzögerung der Schachtförderung, und um so bedeutender wird die Rückförderung, welche dadurch entsteht, daß das Fördergut von den Abbauen aus zunächst abwärts und dann im Schachte wieder aufwärts bewegt wird.

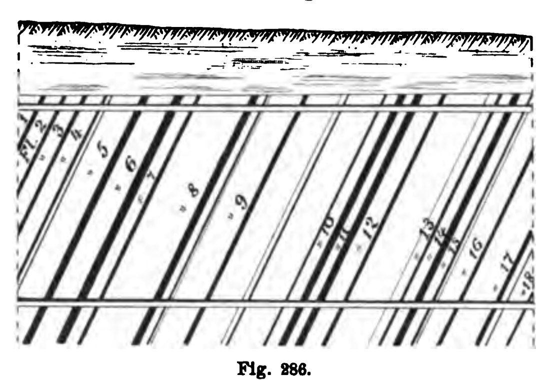


Fig. 286.

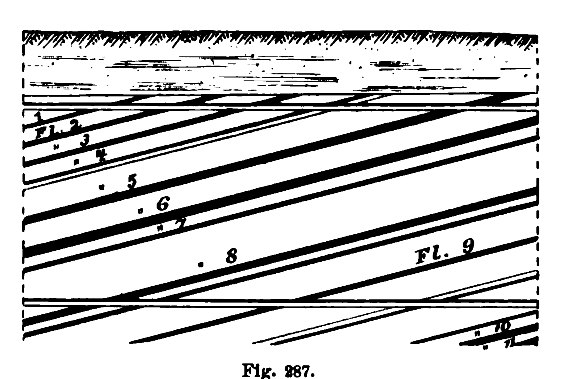


Fig. 287.

Fig. 286 und 287. Kohlenreichtum bei flachem und steilem Einfallen.

Der Mineralreichtum über einer Sohle hängt nun wiederum ab von der Zahl und Mächtigkeit der Lagerstätten und von ihrem Neigungswinkel und wird außerdem durch Gebirgsstörungen beeinflußt. Einer näheren Erläuterung bedürfen nur die beiden letztgenannten Beziehungen. Das Einfallen des Gebirges spielt besonders beim Steinkohlenbergbau eine wichtige Rolle, da es hier vielfach stark wechselt und außerdem das Auftreten flözreicher und -armer Mittel beeinflußt. Hat eine Grube ein flözreiches Gebiet erschlossen, so wird allerdings durch eine und dieselbe Seigerteufe bei steilem Einfallen annähernd derselbe Kohlenreichtum aufgeschlossen wie bei flacher Lagerung: so ist die abbauwürdige Kohlenmenge zwischen beiden Sohlen in Fig. 286 ebenso groß wie in Fig. 287. Tritt aber ein flözreiches Mittel von geringerer Ausdehnung zwischen flözarmen Schichtenfolgen auf (Fig. 273 auf S. 258), so ist der in diesem Mittel enthaltene Kohlenreichtum, auf gleiche Seigerteufe berechnet, bei flacher Lagerung bedeutend größer, der zweckmäßige Sohlenabstand daher geringer als bei steiler. Was die Gebirgsstörungen betrifft, so können Überschiebungen nach Fig. 44 auf S. 34 den Kohlenreichtum auf eine und dieselbe Seigerteufe erheblich steigern, also auf Verringerung des Sohlenabstandes hinwirken, während Überschiebungen in armen Mitteln oder breite Verwerfungszonen, welche flözreiche Mittel durchsetzen und deren Kohleninhalt erheblich herabdrücken, zu einem entsprechend größeren Sohlenabstand führen können.

Die Unterhaltungskosten der Sohlenbaue werden um so größer sein, je druckhafter das Gebirge ist; außerdem wachsen sie im Laufe der Zeit immer mehr an. Da nun der Abbau eines Sohlenabschnitts um so länger dauert, je höher dieser ist, d. h. je mehr anstehendes Mineral durch die Fördersohle aufgeschlossen ist, so muß bei druckhaftem Gebirge der Sohlenabstand unter sonst gleichen Verhältnissen geringer gewählt werden als bei günstigen Gebirgsverhältnissen. Ein gewisser Ausgleich liegt dann darin, daß die Anlagekosten bei druckhaftem, also mildem Gebirge im allgemeinen geringer werden als in gutem, d. h. festem Gestein. Übrigens soll auch das Füllort in möglichst druckfreies Gebirge zu stehen kommen.

Deutlich veranschaulicht werden diese verschiedenartigen Verhältnisse durch die Gegensätze zwischen der Gas- und Magerkohlenpartie des Ruhrbezirks; in der ersteren treten reiche Flöze in dichter Aufeinanderfolge in mildem Nebengestein bei vorwiegend flacher Lagerung auf, während die letzteren durch spärliche, großenteils dünne Flöze, feste Gesteinschichten und überwiegend steiles Einfallen gekennzeichnet ist. In der Gaskohlenpartie vereinigen sich also alle Bedingungen, welche auf geringe, in der Magerkohlenpartie alle Bedingungen, welche auf große Sohlenabstände hinweisen.

In Berücksichtigung dieser verschiedenartigen Erwägungen herrschen z. B. im Ruhrkohlenbezirk Sohlenabstände von 80—100 m vor. jedoch werden bei flacher Lagerung Abstände von 40—50 m, bei steiler solche von 130—150 m gewählt. Das durchgehends flachere Einfallen im Saarrevier kommt darin zum Ausdruck, daß dort die üblichen Sohlenabstände im allgemeinen zwischen 30 und 80 m schwanken.

25. — Wettersohlen. In schlagwetterführenden Steinkohlenbergwerken mit Deckgebirge nimmt die erste Wettersohle eine besondere Stellung ein. Da nämlich in Schlagwettergruben der Wetterstrom in der Regel aufwärts geführt wird und das Deckgebirge die einfache Abführung der aufsteigenden Wetterströme durch Tagesüberhauen verhindert, so muß für die erste Fördersohle eine besondere Wettersohle geschaffen werden. Ist das Deckgebirge wasserführend und muß daher unter ihm ein gewisser Sicherheitspfeiler (z. B. der Mergelsicherheitspfeiler in Westfalen) anstehen gelassen werden, so ist dieser beim Auffahren der Wettersohlenstrecken und -Querschläge zu beachten. Die unter diesen Verhältnissen im Ruhrbezirk gebräuchliche Anlage der Wettersohle zeigt Fig. 288. In dieser kommt noch das flach-nördliche Einsenken der Mergelsohle zur Geltung, welches ein Höherlegen der südlichen Wettersohle zur Folge gehabt hat, weil man bei gleicher Höhe der Wettersohle nach Süden und Norden hin im Süden zu große flache Bauhöhen über der Wettersohle, also mit abfallender Bewetterung, erhalten würde.

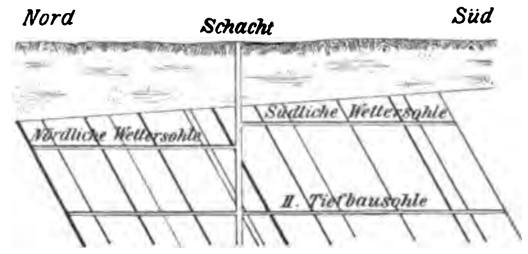


Fig. 288. Wettersohle unter dem Mergel in Westfalen.

Ist das Grubenfeld in querschlägiger Richtung langgestreckt oder steht aus irgendwelchen Gründen der Schacht ziemlich weit nach der südlichen Feldesgrenze hin, so kann hier auch ein nochmaliges Absetzen des nördlichen Wetterquerschlags zweckmäßig werden.

Ist das Deckgebirge wasserfrei oder besteht es wenigstens in seinem unteren Teile aus wassertragenden Schichten, so braucht auf einen Sicherheitspfeiler keine Rücksicht genommen zu werden; man kann sogar bei genügender Festigkeit dieser unteren Schichten die querschlägigen und streichenden Wetterstrecken im Deckgebirge selbst oder, falls seine Unterfläche nicht zu steil geneigt ist, unmittelbar unterhalb desselben, also mit Bloßlegung des Deckgebirges in der Firste, auffahren.

Die Frage der späteren Wettersohlen beantwortet sich ohne weiteres dahin, daß jede Fördersohle später Wettersohle für die nächstfolgende Fördersohle wird.

b) Allgemeines über die Grubenbaue auf den einzelnen Sohlen und ihre bildliche Darstellung.

26. — Arten der Baue. Auf den einzelnen Sohlen werden nun die verschiedenen Aus- und Vorrichtungsbetriebe aufgefahren, nämlich:

1. im Gestein:

   quer zur Streichrichtung: Querschläge,
   in der Streichrichtung: Gestein- oder Richtstrecken,
   seiger: blinde Schächte aller Art;

2. in den Lagerstätten:
in der Streichrichtung:[1]) Sohlen- und Teilsohlenstrecken, Abbaustrecken,
quer zur Streichrichtung, nur in besonders mächtigen Lagerstätten: Querstrecken,
in der Falllinie nach oben (schwebend): Überhauen aller Art, Bremsberge,
in der Falllinie nach unten (abfallend): Abhauen, Haspelschächte,
zwischen Streich- und Fallrichtung: Diagonalen.

Bei allen Strecken im Gestein und in der Lagerstätte unterscheidet man: das Ort (die Querfläche am Ende der Strecke), die Sohle (Strosse), die Firste (bei denjenigen Strecken in der Lagerstätte, wo sie durch das Hangende gebildet wird, auch „Dach" genannt) und die Stöße (Waugen oder Ulmen).

27. — **Bildliche Darstellung.** Bevor auf diese einzelnen Grubenbaue näher eingegangen wird, muß zum Verständnis der späteren Figuren das Wichtigste über die Art ihrer zeichnerischen Darstellung gesagt werden.

Man kann bei der Aufzeichnung von Grubenbauen von Schnitten durch das Gebirge ausgehen oder sich durch Abdeckung des Hangenden die Lagerstätte mit ihren Streckenbetrieben bezw. durch Abdecken des Gebirges das im Gestein hergestellte Streckennetz sichtbar gemacht und auf die Ebene der Zeichnung aufgetragen (projiziert) denken.

Ein Schnitt wird in der Regel durch eine Vertikalebene gebildet. Verläuft diese senkrecht zur Streichrichtung, so erhält man ein Querprofil (Fig. 289 oben), während eine Schnittfläche in der Streichrichtung ein Längsprofil liefert (siehe die verschiedenen Figuren unter „Abbau"). Für die Darstellung sehr mächtiger Lagerstätten kommen außerdem noch söhlige Schnittflächen in Betracht.

Im Querprofil kommt das Einfallen genau zur Darstellung. Schächte erscheinen hier als Doppellinien, ebenso Querschläge, bei denen diese Linien der Firste und der Sohle entsprechen; dagegen kommt von den streichenden Strecken nur die Querschnittform zur Anschauung. Querprofile werden meist in die Ebene der Lösungsquerschläge gelegt.

Längsprofile ergeben als Vertikalschnitte im Streichen stets söhlige Doppellinien für die streichenden Strecken;[1]) einfallende Strecken und Querschläge erscheinen im Querschnitt. Derartige Profile finden in diesem Abschnitt wenig Verwendung, werden dagegen viel für geognostische Darstellungen (vergl. z. B. Fig. 70 auf S. 67) benutzt; man legt sie dann durch Sattelkuppen oder Muldenlinien und bringt durch sie das Ausheben und Einsenken der Sattel- und Muldenlinien und die Verwurfhöhe von Querverwerfungen zur Anschauung.

---

[1]) Hierzu ist zu bemerken, daß die meisten der gewöhnlich als „streichend" bezeichneten Strecken mit Gefälle aufgefahren werden, also streng genommen Diagonalen genannt werden müßten, was aber unzweckmäßig sein würde. In Längsprofilen und Seigerrissen erscheinen solche nicht genau im Streichen liegenden Strecken mit ihrem Ansteigen, genau söhlig sind hier nur die „totsöhligen" Strecken.

Die durch Abdecken des Gebirges erhaltenen Bilder können sein: ein Grundriß (wenn die Strecken auf eine horizontale Ebene projiziert werden, Fig. 289 unten) oder ein Aufriß oder Seigerriß (wenn die Projektion auf eine vertikale Ebene erfolgt, Fig. 289 rechts).

Im Grundriß erscheinen sämtliche streichenden, schwebenden und querschlägigen Strecken als Doppellinien. Diese Linien stellen bei Gesteinstrecken die Stöße, bei streichenden Strecken in der Lagerstätte je nach dem Einfallen entweder die Stöße in der Lagerstätte (bei flacher Lagerung) oder das Hangende und Liegende (bei steiler Lagerung in dünnen Flözen) dar; bei einfallenden Strecken bedeuten sie stets die durch die Lagerstätte gebildeten Stöße. Nur Schächte aller Art erscheinen im Querschnitt. Die streichenden Strecken liegen um so näher zusammen, je steiler das Einfallen ist; steht die Lagerstätte „auf dem Kopf", so fallen sie

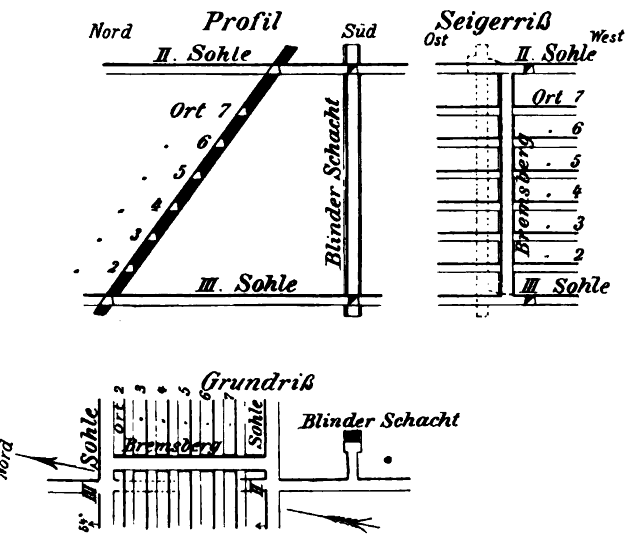


Fig. 289. Darstellung eines Flözstücks in 3 Ansichten.

sämtlich zu einem Linienpaar zusammen, während bei vollständig söhliger Lagerung ihr Abstand gleich der flachen Bauhöhe ist.

Im Aufriß treten nur die streichenden und schwebenden Strecken und die Schächte (in der Figur punktiert) als Doppellinien auf, während Querschläge nur mit ihrem Querschnitt auf das Bild kommen. Die Linien bedeuten bei streichenden Strecken entweder das Hangende und Liegende (in dünnen Flözen bei flacher Lagerung) oder die Firste und Sohle in der Lagerstätte (bei steiler Lagerung, Fig. 289). Die streichenden Strecken rücken um so weiter auseinander, je steiler die Lagerstätte einfällt; steht diese völlig seiger, so entsprechen die Streckenabstände im Bilde der flachen Bauhöhe, wogegen bei völlig söhliger Lagerung die Doppellinien sämtlicher Strecken zu einem einzigen Linienpaare zusammenfallen.

Was die Darstellung der verschiedenen Himmelsrichtungen betrifft, so kommt nur im Grundriß (und im söhligen Schnitt durch mächtige

Lagerstätten) die unendlich große Anzahl sämtlicher Richtungen der Windrose zur Darstellung. In allen anderen Darstellungsarten handelt es sich um vertikale Ebenen; es entspricht also hier das Oben und Unten der Zeichnung dem wirklichen Oben und Unten, so daß nur rechts und links 2 ganz bestimmte Himmelsrichtungen auftreten. Für die grundrißliche Darstellung ist es allgemein üblich, das Bild so zu legen, daß Norden oben liegt (in Fig. 289 ist nur, um den Zusammenhang zwischen Profil und Grundriß zu zeigen, von dieser Regel abgewichen worden); dagegen sind für die Anordnung der Vertikalschnitte und -Projektionen verschiedene Regeln üblich, weil hier die überall verschiedene Fallrichtung maßgebend ist. Im rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbau werden Querprofile so gelegt, daß Norden (genauer meist Nordnordwesten) links zu liegen kommt, während man sich bei Aufrissen im Hangenden des Flözes stehend denkt. Daher erscheinen z. B. im Seigerriß in Fig. 289 die Querschläge rechts vom Bremsberg (vergl. den Grundriß).

Da im Grundriß das Einfallen nach Richtung und Stärke nicht ohne weiteres zum Ausdruck kommt, so pflegt man es durch Pfeile, welche die Fallrichtung bezeichnen, und durch dazugesetzte Zahlen, die den Fallwinkel angeben, anzudeuten. Ebenso wird durch Höhenzahlen, welche die jeweilige Höhe über oder unter dem Meeresspiegel erkennen lassen, der Mangel ausgeglichen, daß der Grundriß an sich keine Gefälleverhältnisse zur Anschauung bringt. Dadurch wird der Grundriß, da er auch sämtliche Streckenkrümmungen, sowie die gegenseitige Lage der verschiedenen Grubenbaue in der Horizontalebene zeigt, das beste Mittel zur Veranschaulichung; nur bei steilerer Lagerung wird er undeutlich, weil die Strecken zu nahe zusammenrücken. Im Aufriß verschwinden die Streckenkrümmungen; hier tritt nur das Ansteigen der (annähernd) streichenden Strecken, welche als ganz gerade Doppellinien erscheinen, hervor. Der Aufriß findet nur für steilstehende Lagerstätten Verwendung, weil er hier infolge des größeren scheinbaren Streckenabstandes ein deutlicheres Bild liefert. Die theoretische Grenze zwischen Grund- und Seigerriß würde nach diesem Gesichtspunkt bei 45° liegen. Wegen der wesentlich größeren Ausdrucksfähigkeit des Grundrisses aber wird dieser meist noch wesentlich über diese Grenze hinaus (in Westfalen bis 60°) bevorzugt.

c) Ausrichtungsbetriebe im einzelnen.

1. Querschläge.

28. — Allgemeines. In allen Fällen, in welchen das Auffahren der Sohlenbetriebe vom Schachte aus in der Lagerstätte selbst sich verbietet, ist eine weitere Ausrichtung durch Querschläge (auch Querstrecken, Querlinien, Quergänge genannt) erforderlich. Obwohl nicht jeder Querschlag ein Ausrichtungsbetrieb ist, sollen doch die verschiedenartigen Querschläge hier zusammen besprochen werden.

α) Hauptquerschläge.

29. — Bedeutung der Hauptquerschläge. In größeren Grubenfeldern werden eine Anzahl paralleler Querschläge erforderlich. Man pflegt dann die vom Schachte ausgehenden Querschläge als Hauptquerschläge

zu bezeichnen. Sie können gewissermaßen als söhlige Fortsetzung des Schachtes betrachtet werden und haben daher dieselben mannigfachen Aufgaben wie dieser zu erfüllen. Insbesondere müssen sie einen genügend großen Querschnitt haben, da sie die Hauptwetterströme ins Feld führen müssen; auch werden sie ohnehin schon als Förderwege gewöhnlich mindestens zweispurig ausgebaut. Sie werden in der Regel bis zum letzten bauwürdigen Flöz, falls dieses auf den oberen Sohlen der Grube selbst oder auf der Nachbargrube als solches bekannt geworden ist, in gänzlich unbekanntem Gebirge aber bis zur Feldesgrenze (hier zunächst in geringerer Weite) aufgefahren, um die Lagerungsverhältnisse erschöpfend aufzuklären.

30. — Herstellung der Hauptquerschläge. Für die Wasserabführung werden die Querschläge mit einer „Wasserseige" versehen, welche in der Regel, um die Bahn für die vollen Wagen möglichst weit von ihr entfernt halten zu können, an einem Stoß (Fig. 290) nachgeführt, seltener in der Mitte (Fig. 291) hergestellt wird; im letzteren Falle muß sie stets überdeckt werden. — Der Ausbau richtet sich nach den

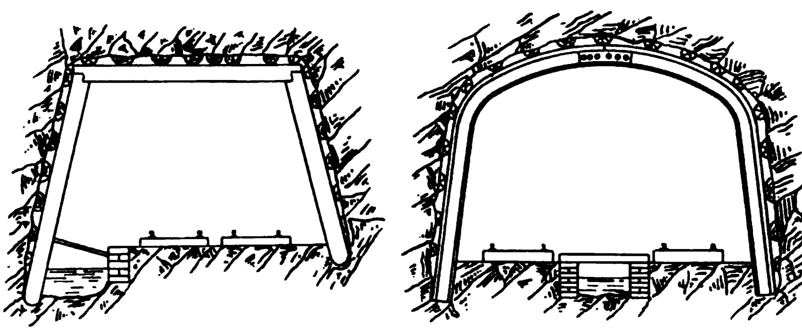


Fig. 290. Querschlag mit seitlicher Wasserseige.

Fig. 291. Querschlag mit mittlerer Wasserseige.

Gebirgsverhältnissen und kann in festem Gebirge ganz wegfallen. — Mit Rücksicht auf die Förderung und Wasserabführung werden die Hauptquerschläge, wie durchweg alle Sohlenbetriebe, meist vom Schachte aus etwas ansteigend aufgefahren.

Für die Bemessung des Gefälles nimmt man im allgemeinen zum Anhalt, daß die Förderung eines vollen Wagens mit dem Gefälle dieselbe Arbeitsleistung erfordern soll, wie die eines leeren Wagens gegen das Gefälle. Dieser Regel entspricht bei der gewöhnlichen Beschaffenheit des Oberbaus und der Förderwagen-Radsätze ein Ansteigen von 1 : 150 bis 1 : 200. Jedoch wird das Ansteigen der Hauptquerschläge mäßiger gehalten, da diese Querschläge das ganze Feld durchörtern und daher bei großer Ausdehnung des Feldes ein starkes Ansteigen die Bauhöhe in den entfernteren Lagerstätten, namentlich bei flacher Lagerung, beeinträchtigt (2 m Unterschied in der Seigerhöhe bedeuten z. B. bei 10° Einfallen bereits rund 11,5 m flache Bauhöhe). Hat der entsprechende Querschlag der oberen Sohle dasselbe Ansteigen, so ist allerdings dieser Gesichtspunkt von geringerer Bedeutung. Jedoch ist weiterhin zu berücksichtigen, daß in Hauptquerschlägen die Förderbahnen, weil für längere Dauer und große

Fördermengen bestimmt, besonders sorgfältig hergestellt werden und daher ein starkes Gefälle für die vollen Wagen weniger wichtig ist, als z. B. in Flözgrundstrecken. Dazu kommt für Gruben, welche in großem Maßstabe mit Bergeversatz bauen, daß sie Berge von Tage her im Schachte einzuhängen und daher mehr oder weniger große Mengen von Bergewagen ins Feld zu schaffen haben, auf die wegen ihres größeren Gewichtes besondere Rücksicht zu nehmen ist. Solche Gruben bevorzugen daher Gefälle von 1 : 500 bis 1 : 1000, fahren sogar auch die Hauptquerschläge „totsöhlig" auf, falls die Rücksicht auf den Wasserabfluß das gestattet.

Das einfachste Mittel zur Innehaltung des richtigen Ansteigens ist die Setzwage (Fig. 292), ein einfaches Holzgestell in Dreieckform, von

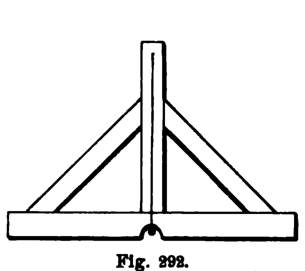


Fig. 292.

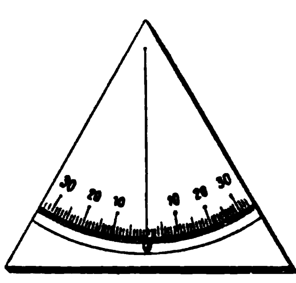


Fig. 293.



Fig. 292 und 293. Setzwagen.

dessen Spitze ein Lot herunterhängt, das über einer Kerbe oder Einteilung am Fuße spielt. Die Setzwage wird auf das Gestänge gestellt. Von ihrer Zuverlässigkeit überzeugt man sich, indem man auf einer söhligen Fläche das Einspielen des Lotes vor und nach einer Drehung des Gestells um 180° beobachtet; die Anzeige muß in beiden Fällen gleich sein. Für Hauptquerschläge ist jedoch die einfache Setzwage nicht genau genug, man bedient sich hier einer etwa 3 m langen Setzlatte, deren Unterfläche dem beabsichtigten Ansteigen entsprechend geschnitten ist und deren Oberfläche demgemäß bei richtiger Schienenlage söhlig liegen muß (Fig. 294), was durch eine Setzwage oder Wasserwage festgestellt wird. Ein noch genaueres Verfahren ist das Einschlagen von Sohlenpflöcken, deren Oberkante durch markscheiderische Messung festgelegt wird. Neigt die Sohle, wie das z. B. in besonders großem Maße in der Gaskohlenpartie des Ruhrbezirks der Fall ist, zum „Quellen", d. h. zum Hochtreiben infolge von Gebirgsdruck und von Wasser- und Lufteinwirkung, so erweisen sich diese Mittel als unzureichend, da die Sohle in dem weiter zurückliegenden Querschlagteil bereits gequollen ist und eine andere Höhenlage als die vorausgesetzte hat. Man hilft sich dann dadurch, daß man in die Firste Holzpflöcke eintreiben läßt, deren Unterflächen nach markscheiderischer Messung in einer dem gewünschten Ansteigen entsprechenden Linie liegen, und von diesen aus durch Abloten die richtige Höhenlage der Schienen ermittelt.

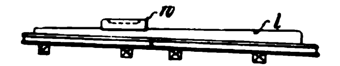


Fig. 294. Setzlatte *l* und Wasserwage *w*.

β) Abteilungsquerschläge.

31. — Zweck und Bedeutung der Bauabteilungen. Hat das Grubenfeld nur eine geringe Ausdehnung in der Streichrichtung, so können die Fördermengen (Fig. 295, links) aus den querschlägig durchörterten Lagerstätten einfach mit Hilfe der in diesen aufgefahrenen Sohlenstrecken dem Hauptquerschlage zugeführt werden; ebenso kann man den für jeden Bauflügel einer Lagerstätte bestimmten Teilwetterstrom an diesen Sohlenstrecken unmittelbar aus dem Hauptstrom im Hauptquerschlage abzweigen. In Gruben mit festem Nebengestein und geringer Entwickelung von schädlichen Gasen kann dieses Verfahren auch bei größerer Feldeslänge vorteilhaft sein. Ist aber das Gebirge druckhaft oder ist zur ausreichenden Bekämpfung der Gasentwickelung eine weitergehende Teilung des Wetterstromes anzustreben, wie das in schlagwetterführenden Steinkohlengruben der Fall ist, so führt dieser einfache Betrieb zu Schwierigkeiten; man

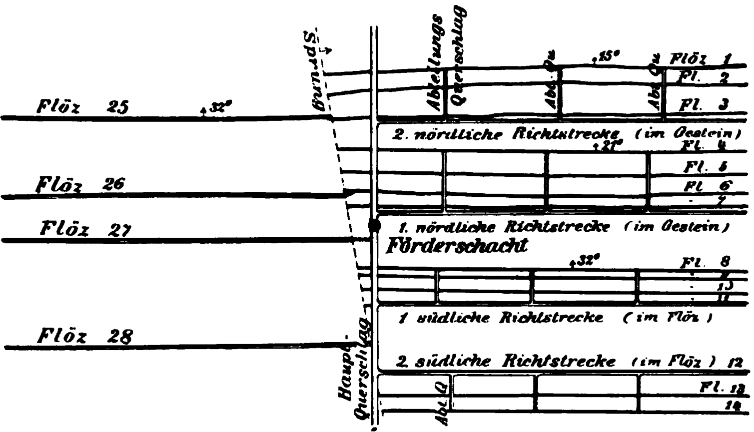


Fig. 295. Verschiedene Ausrichtung in einem festen, flözarmen (links) und einem druckhaften, flözreichen (rechts) Gebirgsmittel.

erhält in den einzelnen Flözen lange Förderstrecken, welche, namentlich in den dem Querschlag benachbarten Stücken, lange offengehalten werden müssen, obwohl sie fortgesetzt stärker unter Druck kommen und das Auswechseln der Zimmerung die Förderung stark behindert. Da in all diesen Förderstrecken auf sorgfältigen Oberbau zu halten ist, so ergibt sich gleichzeitig eine große Ausgabe für Schienen, Schwellen usw. Auch müssen alle frischen Wetter für den betreffenden Flözteil durch die Grundstrecke hindurch, was einen großen Arbeitsaufwand erfordern kann und außerdem den Nachteil hat, daß dem frischen Wetterstrom bereits vor dem Erreichen der Betriebe Gelegenheit gegeben wird, sich zu erwärmen und mit schädlichen Gasen zu beladen. Weiterhin aber tritt noch hinzu, daß auf diese Weise eine größere Fördermenge, wie sie zur ausreichenden Verzinsung einer tiefen Schachtanlage erforderlich ist, nur schwierig und mit größeren Kosten beschafft werden kann: nimmt man in mehreren Nachbarflözen gleichzeitig Bauabteilungen in Angriff, so bringt man das hangende Flöz durch den Abbau des liegenden in starken und gefährlichen Druck; greift

man dagegen ein- und dasselbe Flöz in mehreren Bauabteilungen nebeneinander an, deren jede ihren besonderen Bremsberg erhält, so hindern sich die Bremsberg- und die an den Bremsbergen vorbeiführende Streckenförderung gegenseitig, es werden am Fuß der Bremsberge kostspielige und schwer offen zu haltende Umführungen erforderlich, und die Förderstrecken kommen durch den über ihnen umgehenden Abbau der vorderen Abteilungen vorzeitig unter starken Druck.

Diese Übelstände treten besonders scharf bei flachgeneigter, weniger bei steiler Lagerung hervor. Allerdings ist es im ersteren Falle möglich, in einer einzelnen Bauabteilung eine größere Fördermenge zu liefern, da die flache Bauhöhe größer ist. Dafür können aber bei steiler Lagerung meistens Nachbarflöze bei einiger Vorsicht gleichzeitig in Bau genommen werden. Auf der anderen Seite bietet bei Fallwinkeln von etwa 5—30° das Auffahren streichender Förderstrecken in den Flözen große Schwierigkeiten. Eine kleine „Welle" in der Flözfläche hat nämlich, während sie bei steilem Einfallen sich nur als flache Biegung in den streichenden Strecken bemerkbar macht, bei flacher Lagerung scharfe Krümmungen zur Folge, die natürlich für die Förderung äußerst nachteilig sein müssen. Will man diese vermeiden und doch das richtige Ansteigen innehalten, so muß man abwechselnd das Liegende und das Hangende des Flözes mehr oder weniger stark angreifen und erhält dadurch an den Stellen, an welchen das Flöz über oder unter der Strecke liegt, einen erhöhten Gebirgsdruck.

Aus diesen Erwägungen heraus hat sich auf größeren Steinkohlengruben mit wenig mächtigen Flözen das Verfahren ausgebildet, größere streichende Baulängen, die in einzelne Bauabteilungen zu zerlegen sind, außer dem Hauptquerschlag noch durch eine Anzahl Abteilungsquerschläge aufzuschließen (Fig. 295, rechts) und die Förderung der einzelnen Abteilungen für alle durchfahrenen Flöze gemeinschaftlich einer Hauptförderstrecke oder mehreren solcher Strecken zuzuführen, welche die Weiterförderung zum Hauptquerschlage und Schachte vermitteln. Auf diese Weise macht man die Bauabteilungen in den einzelnen Flözen völlig voneinander unabhängig und kann also eine beliebige Anzahl nebeneinander liegender Abteilungen gleichzeitig in Angriff nehmen, da jede ihren gesonderten Förderweg hat; die Hauptförderstrecken aber können mit größeren Kosten angelegt, also, wie die Figur zeigt, in unbauwürdigen Flözen mit festem Nebengestein oder auch gänzlich in möglichst druckfreiem Gebirge getrieben und mit einem schweren Oberbau ausgerüstet werden. Die störende Einwirkung der Strecken- auf die Bremsbergförderung und umgekehrt fällt weg. Auch bei ganz flacher Lagerung werden Abteilungsquerschläge aufgefahren; hier münden dann statt der Bremsberge die seigeren Bremsschächte auf sie ein.

32. — **Herstellung der Abteilungsquerschläge.** Die Abteilungsquerschläge erhalten eine geringere Länge als die Hauptquerschläge, da sie nur je eine Flözgruppe zusammenfassen. Daher kann ihr Ansteigen etwas stärker, etwa 1 : 200 genommen werden, falls nicht die Rücksicht auf Bergeförderung vom Schacht ins Feld dem entgegensteht. Auch ihr Querschnitt kann kleiner sein, da nur Teilwetterströme durch sie

hindurchgehen. Ihr gegenseitiger Abstand richtet sich nach der Länge der einzelnen Bauabteilungen; bei durchweg 2flügeligem Verhieb der letzteren liegen der Regel nach die Abteilungsgrenzen mitten zwischen je 2 Abteilungsquerschlägen, so daß der Abstand der letzteren gleich der Länge der Bauabteilungen ist. Müssen also aus gewissen Gründen (Gebirgsdruck, Brandgefahr) kurze Abteilungen gebildet werden, so werden auch die Querschläge in geringeren Abständen zu treiben sein. Im Ruhrbezirk schwanken diese Abstände im allgemeinen zwischen 300 und 600 m.

γ) Andere Arten von Querschlägen.

33. — Wetterquerschläge. Die Abteilungsquerschläge sind schon nicht mehr als reine Ausrichtungsbaue zu betrachten, da sie nicht in erster Linie eine Aufschließung, sondern nur eine zweckmäßige Zerlegung der Flöze für den Abbau vermitteln. Ähnliches gilt von den Wetterquerschlägen, unter denen man die auf der jeweiligen Wettersohle befindlichen, also die Ausziehströme abführenden Querschläge versteht. Da sie den Abbauwirkungen stark ausgesetzt sind, neigen sie ebenso wie die Flözwetterstrecken dazu, sich erheblich zusammenzudrücken. Theoretisch müßten aber gerade die Wetterwege für die ausziehenden Ströme einen größeren Querschnitt haben als die für die frischen Ströme bestimmten, da der Wetterstrom infolge der Erwärmung und Gasaufnahme (siehe den Abschnitt „Grubenbewetterung") sein Volumen nach dem Ausziehschachte hin um etwa 10 % vergrößert. Daher pflegt man vielfach, nachdem das Gebirge in der Umgebung der Wetterquerschläge einigermaßen zur Ruhe gekommen ist, die letzteren zu erweitern und neu auszubauen.

In den meisten Fällen dienen als Wetterquerschläge die früheren Förderquerschläge. Jedoch gibt es auch eine Reihe von Fällen, in denen Wetterquerschläge als solche neu aufgefahren werden; dahin gehören die Querschläge von Wettersohlen unter dem Deckgebirge sowie Querschläge, welche dicht unterhalb der Sohle getrieben werden und die Aufgabe haben, die Wetterversorgung der höheren Sohle von derjenigen der nächsttieferen unabhängig zu machen, indem sie die getrennte Abführung des Wetterstromes der tieferen Sohle zum Wetterschachte ermöglichen.

34. — Besondere Querschläge. Weiter sind noch zu erwähnen Sumpf-, Rohr- und Ortquerschläge. Die ersteren dienen dazu, in Verbindung mit den Sumpfstrecken an Stelle eines großen, wegen des Gebirgsdrucks zu vermeidenden Raumes ein Streckennetz unter der tiefsten Fördersohle zu bilden und werden einerseits, weiter im Felde, mit der letzteren durch kleine Schächte oder abfallende Strecken und anderseits mit dem eigentlichen Pumpensumpf verbunden. Die gesamte Sumpfanlage bildet einen Vorratbehälter, der während des Stillstandes der Pumpen die Wasser aufnimmt und der sowohl bei großen als auch bei kleinen Wasserzuflüssen zweckmäßig ist, um die Pumpen nicht ununterbrochen betreiben zu müssen, sondern zeitweilig stillsetzen und nachsehen zu können. Seine Größe und Bedeutung wächst naturgemäß mit der Größe der Zuflüsse; außerdem spielt er eine besondere Rolle bei elektrisch betriebenen Wasserhaltungen, da ein genügend großer Sumpf es ermöglicht, den Pumpenbetrieb auf die Nachtstunden zu beschränken und so die Kraft-

zentrale möglichst gleichmäßig ausnutzen und verhältnismäßig klein ausführen zu können.

Die Steigleitungen der unterirdischen Wasserhaltungen und vielfach auch die Dampfleitungen für diese und benachbarte Maschinen werden durch Rohrquerschläge geführt, welche vom Schacht zur Firste des Maschinenraumes in möglichst kleinem Querschnitt getrieben werden und bei Verbindung mit dem Ausziehschacht gleichzeitig zur Abführung der heißen Wetter des Maschinenraumes dienen können.

Ortquerschläge nennt man kleine Querschläge, welche in der Höhe der einzelnen Abbaustrecken zwei oder mehrere Lagerstätten miteinander oder mit einem gemeinsamen seigeren Bremsschacht verbinden, um die Abwärtsförderung bis zur Sohle durch einen gemeinsamen Bremsberg oder den seigeren Schacht oder auch den völlig gemeinsamen Abbau beider Flöze zu ermöglichen; sie finden daher besonders bei dem im Ruhrbezirk in immer größerem Maßstabe angewandten „Stapelbau" (vergl. Fig. 299 auf S. 281) Anwendung. Diese Querschläge erhalten also nur geringe Längen und können ohne Wasserseige und einspurig mit einem für die Schlepperförderung ausreichenden Querschnitt aufgefahren werden.

35. — Ansteigende Querschläge. Ausnahmsweise bedient man sich in besonderen Fällen auch der ansteigenden Querschläge, welche mehr oder weniger rechtwinklig gegen das Schichtfallen getrieben und für Bremsförderung eingerichtet werden. Einen solchen Fall veranschaulicht Fig. 296. Hier würde das nicht bis zur unteren Sohle niedersetzende Flözstück A von dem Endpunkte des mit maschineller Förderung versehenen Querschlags der IV. Sohle auf andere Weise nur durch die Verlängerung dieses Querschlags um das Stück q und einen in der Nähe der Markscheide hergestellten Aufbruch s von unten gelöst werden können. Damit aber würde ein wesentlicher Mehraufwand (durch größere Länge der Gesteinswege und durch erhöhte Löhne für Querschlagförderung und Anschläger) erwachsen, außerdem aber auch die dort durchsetzende Gebirgsstörung zweimal zu durchörtern sein, was durch den ansteigenden Querschlag d vermieden wird; eine Lösung des Flözstückes von der oberen Sohle aus aber, vorausgesetzt, daß hier überhaupt noch Förderung umgeht, würde die Aufstellung eines starken Haspels erforderlich machen und auch wegen der großen Entfernung des Flözes vom Schachte unvorteilhaft sein.

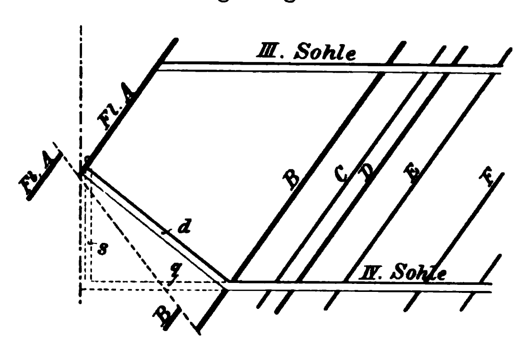


Fig. 296. Lösung eines Flözstücks durch einen ansteigenden Querschlag.

2. Blinde Schächte.

36. — Arten von blinden Schächten. Als blinde Schächte werden alle seigeren Schächte bezeichnet, welche nicht zutage ausgehen. Je

nach Zweck und Art der Herstellung werden sie auch Aufbrüche, Gesenke und Stapelschächte genannt; Aufbrüche sind von unten herauf, Gesenke von oben herab ausgeschossen; Stapelschächte dienen dazu, verschiedene Lagerstätten gruppenweise zusammenzufassen. Tiefe und Wichtigkeit der einzelnen Blindschächte können sehr verschieden sein.

37. — **Große Blindschächte.** Die bedeutendsten sind solche, welche, wie verschiedentlich im Saarbezirk (S. 255), von einer Stollensohle aus abgeteuft sind und die Gesamtförderung der Grube dem Stollen zuzuheben haben; sie sind als regelrechte Hauptförderschächte ausgebaut. Andere blinde Schächte verbinden zwei Fördersohlen miteinander. Sie werden z. B., wie in Fig. 301 auf S. 282 zwischen der IV. und V. Sohle, in der Nähe eines Hauptförderschachtes niedergebracht, um diesen durch Unterfahrung und Hochbrechen von der Unterfahrungsstrecke aus um eine Sohle vertiefen zu können; diese Hilfsschächte können dann gleichzeitig zur Aus- und Vorrichtung der tieferen Sohle nutzbar gemacht und später, wenn diese Sohle zur Hauptfördersohle geworden ist, zum Abbremsen der letzten Fördermengen der oberen Sohle auf die nunmehrige Hauptsohle ausgenutzt werden.

38. — **Kleine Blindschächte.** Kleine Aufbrüche oder Gesenke ergeben sich aus der Notwendigkeit, Lagerstättenteile, welche infolge einer Mulden- oder Sattelbildung oder infolge einer Gebirgsstörung oder der Lage zur Markscheide nicht bis zur unteren oder oberen Sohle durchsetzen, zum Zwecke der Förderung mit der unteren oder zum Zwecke der Wetterabführung in Schlagwettergruben mit der oberen Sohle zu verbinden (Fig. 297). Besonders wichtig werden solche Blindschächte, wenn infolge flachwelliger Lagerung ganze Flözgruppen zwischen zwei Sohlen bleiben und somit sowohl kleine Förder- als auch kleine Wetterschächte erfordern. Aber auch dann, wenn flachgelagerte Flöze bis zur unteren und oberen Sohle durchsetzen, kann die Lösung einer solchen Flözgruppe durch mehrere Auf-

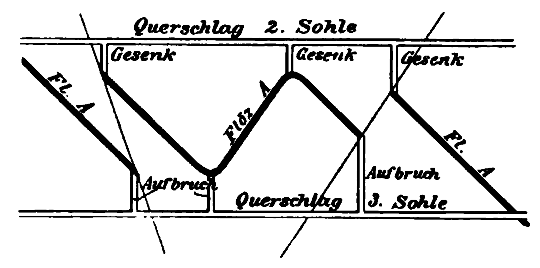


Fig. 297. Lösung von nicht bis zur Sohle reichenden Flözteilen durch blinde Schächte.

brüche vorteilhaft sein, selbst wenn nach Fig. 298 (vergl. auch die Fig. 285 auf S. 266) die Flöze dem Förderschachte zufallen, der Förderweg im Flöze also kürzer ist als der durch Aufbruch und Querschlag gebildete Weg. Es ergeben sich dann nämlich folgende Vorteile: Die große flache Bauhöhe kann in mehrere selbständige Abteilungen übereinander zerlegt werden, deren jede ihren selbständigen Förder- und Wetterweg hat. Damit wird die Erzielung einer großen Förderung und ein schneller Verhieb der Flöze, wie er namentlich bei druckhaftem Gebirge und bei Brandgefahr erwünscht ist, gewährleistet. Wollte man ohne die Auf-

brüche dieses Ziel erreichen, so würde man für die aus den oberen Abschnitten gelieferten Fördermengen Abfuhrwege in Gestalt langer und in der Unterhaltung kostspieliger Bremsberge schaffen müssen und den Betrieb der unteren durch die Förderung von den oberen Bauabschnitten belästigen. Auch würden in diesem Falle den oberen Betrieben keine völlig frischen Wetter zugeführt werden können, da der Wetterstrom sich bis dahin schon erwärmt und mit schädlichen Gasen angereichert hätte. Für die Abwetter aus den unteren Betrieben aber würden lange Wetterüberhauen erforderlich werden, die ebenfalls große Unterhaltungskosten verursachen würden. Dabei stellt sich die Förderung in Bremsbergen teurer als in seigeren Bremsschächten: dort starker Verschleiß an Rädern, Achsen, Schienen und Seilen, hier Förderung mit geringen Reibungsverlusten und kaum nennenswertem Verschleiß. Diese Übelstände haften auch den Bremsbergen mit Seil ohne Ende an, welche im übrigen wegen ihrer großen Leistungsfähigkeit noch am ersten den Vergleich mit Bremsschächten aushalten können, während letztere die gewöhnlichen Bremsberge auch in der Leistung weit über-

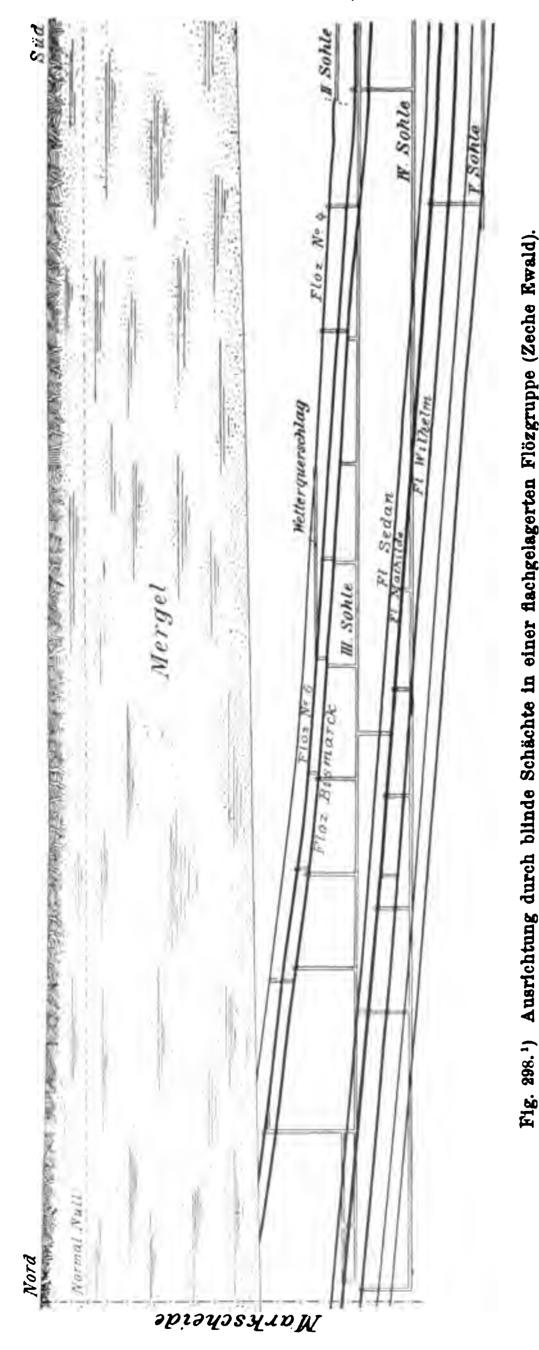


Fig. 298.[1]) Ausrichtung durch blinde Schächte in einer flachgelagerten Flözgruppe (Zeche Ewald).

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. II, Taf. IV.

treffen. Infolgedessen wird die etwas größere Länge des Förderweges durch Blindschacht und Querschlag und die größere Ausgabe für Gesteinsarbeiten reichlich aufgewogen durch die größere Förderleistung und die geringeren laufenden Betriebs- und Unterhaltungskosten, namentlich wenn im Sohlenquerschlag eine maschinelle Förderung betrieben wird, welcher die Anschläger am Fuße der Bremsschächte die in diesen herabkommenden Wagen unmittelbar übergeben können.

Wie die vorstehenden Ausführungen erkennen lassen, bilden derartige Aufbrüche für flache Lagerung eine Ergänzung der Abteilungsquerschläge: auch sie schaffen eine Anzahl selbständiger Bauabteilungen mit getrennten Förder- und Wetterwegen. Demgemäß richtet sich auch ihr Abstand im Streichen nach dem Verlauf der Abteilungsquerschläge.

Besonders günstig stellt sich naturgemäß der Betrieb mit solchen blinden Schächten dann, wenn die Lagerstätten vom Schachte weg einfallen, dieser also in ihrem Liegenden steht, weil dann die Aufbrüche gleichzeitig eine wesentliche Abkürzung der Förderwege ermöglichen.

Die an sich ja nicht unbedeutenden Ausgaben für die Herstellung der blinden Schächte treten um so mehr zurück, je größer die Zahl der dadurch gelösten Lagerstätten ist.

39. — Stapelschächte. Stehen schon die zuletzt genannten Aufbrüche ihrer Bedeutung nach in der Mitte zwischen Aus- und Vorrichtungsbetrieben, so können die im Ruhrkohlenbezirk bei steilem Einfallen zur Zusammenfassung der Förderung von mehreren Flözen sehr verbreiteten blinden Schächte (Fig. 299 und 300) gänzlich den Vorrichtungsbetrieben zugerechnet werden, da sie lediglich den Zweck haben, an Stelle von Bremsbergen in einem oder mehreren Flözen die Abwärtsförderung der gewonnenen Kohlen zur Sohle



Fig. 299. Lösung einer kleinen Flözgruppe durch einen Stapelschacht.

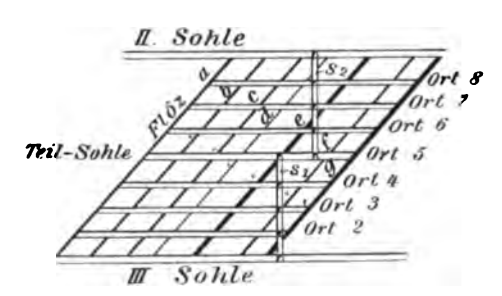


Fig. 300. Lösung einer größeren Flözgruppe durch einen abgesetzten Stapelschacht.

zu vermitteln. Man bezeichnet solche Blindschächte nach einem englischen Ausdruck als „Stapel-(auch Stappel-)schächte" und die Zusammenfassung des Abbaus einer Flözgruppe durch dieselben als „Stapelbau". Die einzelnen Flöze werden von sämtlichen Abbaustrecken aus durch sog. Ortquerschläge (siehe oben) mit den Aufbrüchen verbunden. Die Förderung in den Aufbrüchen erfolgt in der Regel eintrümmig, d. h. mit Gegengewicht. Faßt man jedoch große Flözgruppen zusammen (z. B. die ganze Gaskohlenpartie, wie das im Ruhrbezirk verschiedentlich geschieht),

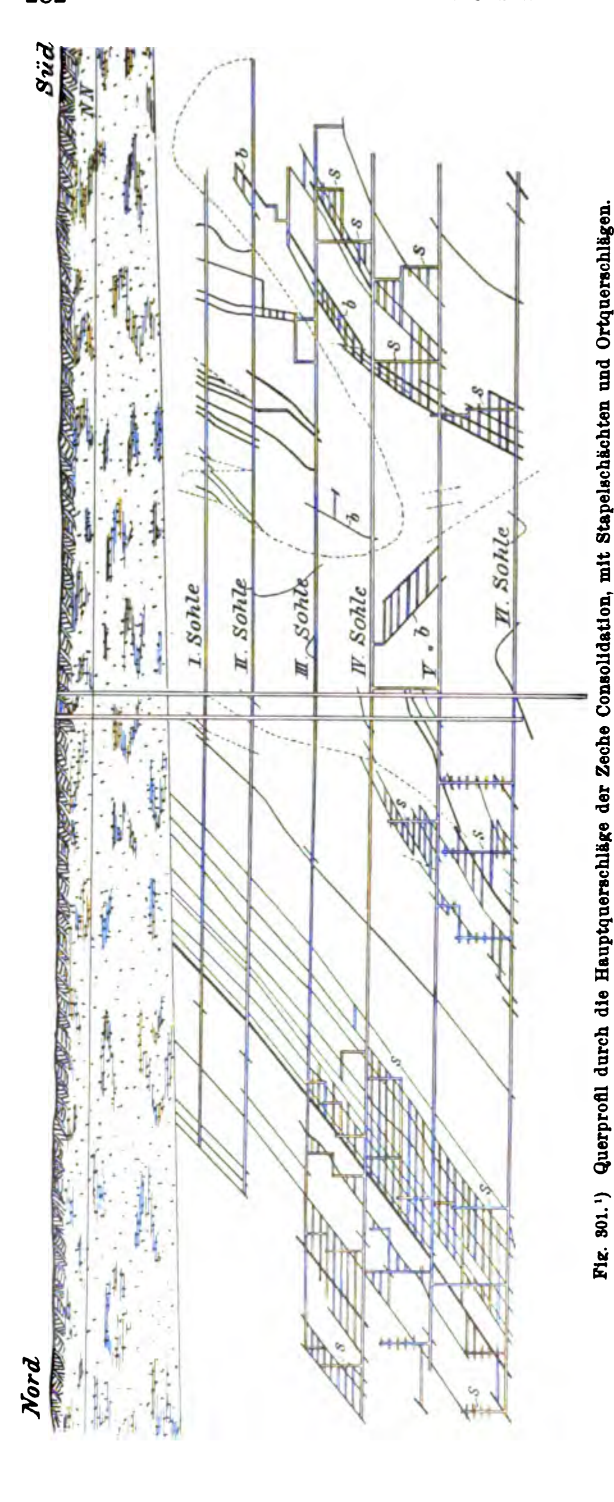


Fig. 301.[1]) Querprofil durch die Hauptquerschläge der Zeche Consolidation, mit Stapelschächten und Ortquerschlägen.

so kann man, namentlich beim Abbau mit Bergeversatz, den Abbau so führen, daß man auf allen Flözen in derselben Höhe gleichzeitig baut und so alle Kohlen einem und demselben Anschlage des Stapels zuführen kann, was eine gute Ausnutzung des letzteren durch 2-trümmige Förderung ermöglicht. Im übrigen pflegt man stärker belastete Bremsschächte durch Einschalten einer Zwischensohle (Fig. 300) zu teilen, um ihre Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

In vielen Fällen stellt man die Stapelschächte, falls sie nicht gleichzeitig zum Einhängen von Versatzbergen von der oberen Sohle her benutzt werden sollen, nicht bis zu dieser Sohle, sondern nur bis zur Höhe des obersten Anschlags (Fig. 299) her, weil die Abführung der Wetterströme nach oben hin in den einzelnen Flözen erfolgen kann. Rückt der

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. II, Taf. II.

Abbau, wie das z. B. beim Stoßbau (s. d.) der Fall ist, langsam von unten nach oben hin vor, so können die Aufbrüche dementsprechend auch stückweise höher gebracht werden, damit man ihre einzelnen Teile möglichst kurze Zeit dem Gebirgsdrucke aussetzt.

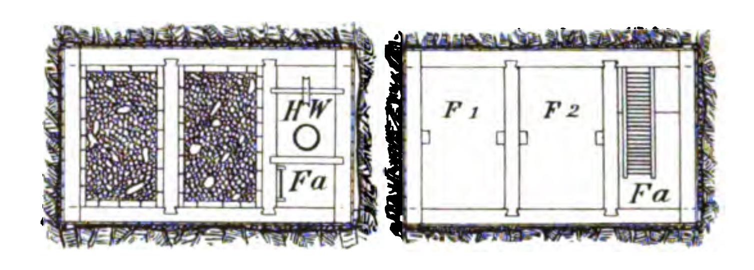
Der Abstand der Stapelschächte in der Streichrichtung der Flöze entspricht naturgemäß ebenfalls wieder der Länge der einzelnen Bauabteilungen, wie bei den Abteilungsquerschlägen.

Im übrigen wird der Ansatzpunkt eines Stapelschachtes nach Fig. 299 und 300) so gewählt, daß seine Verbindung mit den einzelnen Flözen möglichst geringe Querschlaglängen erfordert, dabei aber der Schacht möglichst weit nach dem liegendsten Flöz hin zu stehen kommt, um den Abbauwirkungen möglichst entzogen zu werden.

In streichender Richtung ist bei allen blinden Schächten die Entfernung vom Abteilungsquerschlag zu beachten. Steht der Schacht unmittelbar neben diesem, so kann er mit der langen Seite seines Querschnitts streichend gestellt und zum Durchschieben eingerichtet werden; bei etwas größerem Abstand vom Querschlag kann man ihn querschlägig stellen und für einseitige Bedienung einrichten. Außerdem ist bei der Ausgestaltung des Anschlags die Förderung im Querschlag zu berücksichtigen. Erfolgt diese durch Seil ohne Ende, so braucht man am Anschlag keinen größeren Raum für die Aufstellung der Wagen. Ist dagegen Pferde- oder Lokomotivförderung vorhanden, so muß Raum für einen Wagenzug geschaffen werden, was in ähnlicher Weise wie bei Bremsberganschlägen entweder im Querschlag selbst oder in der Verbindungsstrecke zwischen Querschlag und Blindschacht geschehen kann. Im ersteren Falle wird entweder der Querschlag dem Schachte gegenüber erweitert oder sein Doppelfördergestänge zu einem einfachen zusammengezogen, um das zweite Gleis als Aufstellungsgleis zu verwenden. Im letzteren Falle wird die Verbindungstrecke entsprechend verlängert.

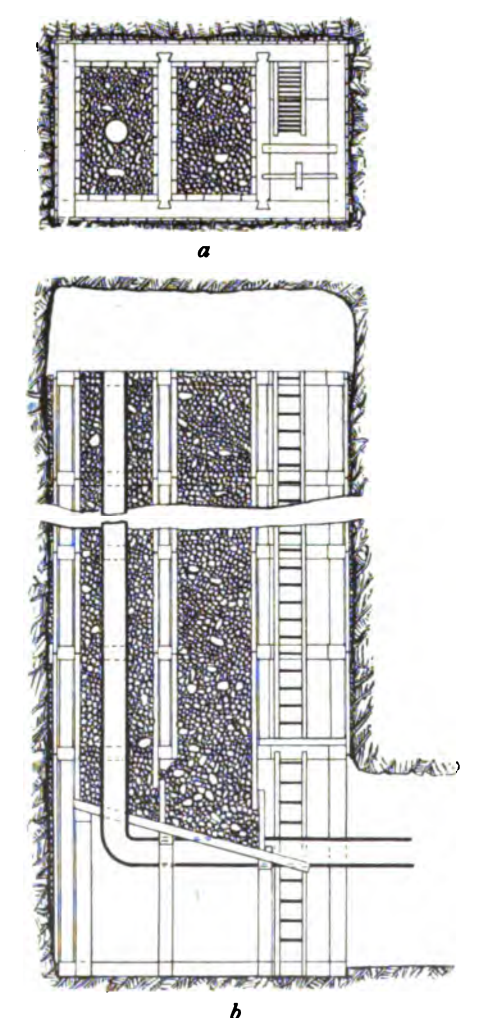
In welchem Umfange neuerdings im Ruhrbezirk unter günstigen Umständen von der Lösung von Flözgruppen durch Stapelschächte Gebrauch gemacht wird, läßt das in Fig. 301 wiedergegebene Beispiel deutlich erkennen.

40. — Herstellung der blinden Schächte. Der Querschnitt der blinden Schächte ist in der Regel rechteckig, da die Erwägungen, welche bei Hauptförderschächten für die Kreisform des Querschnitts sprechen, hier wegfallen und dafür die Rücksicht auf den Holzausbau, der für diese Schächte der zweckmäßigste ist, in den Vordergrund tritt; die Ausmauerung würde sich in den meisten Fällen nicht lohnen. Nach der Größe des Querschnitts sind ein- und zweitrümmige Blindschächte zu unterscheiden. Erstere überwiegen weitaus bei Stapelschächten. Zweitrümmige Bremsschächte (Fig. 302) werden hergestellt, wo es sich um die Lösung einzelner Flöze handelt, oder wo wegen ganz flacher Lagerung die durch einen Aufbruch gelösten Flöze nicht gleichzeitig, sondern nacheinander zum Verhieb kommen, so daß der Anschlag längere Zeit derselbe bleibt. Bei eintrümmigen Schächten, also bei Förderung mit Gegengewicht, kommt man nach Fig. 304 mit entsprechend geringerem Querschnitt aus, da das Gegen-



a *b*

Fig. 302. Querschnitt eines 2trümmigen Aufbruchs während und nach der Herstellung.



a

b

Fig. 303. Quer- und Längsschnitt eines in der Herstellung begriffenen 2trümmigen Aufbruchs.

gewicht lang und schmal gehalten werden kann. Außerdem braucht nur noch Platz für ein Fahrtrumm gelassen zu werden.

Die Herstellung der blinden Schächte erfolgt zweckmäßig durch Aufbrechen von unten her. Man erzielt dabei eine gute Leistung, da die Arbeiter durch die Förderung und die etwa zusitzenden Gebirgswasser nicht behindert werden und bei einiger Übung mit dem Bohren von unten herauf („Schlenkerbohren") größere Fortschritte ermöglicht werden als durch Schlag- oder Stoßbohren von oben. Demgegenüber spielt die Zeitersparnis beim Abteufen durch Beförderung der Leute in Kübeln an Stelle der Fahrten bei der geringen Höhe der Aufbrüche keine Rolle. Die Holzförderung aber kann den Arbeitern durch den auf der Sohle tätigen Bergeschlepper abgenommen werden. Der Gefährdung der Hauer durch Steinfall aus der Firste beim Hochbrechen steht eine mindestens ebenso große Gefährdung durch Abstürzen von Bergen oder Gegenständen von oben her beim Abteufen gegenüber.

Zur größeren Sicherung der Arbeiter läßt man die hereingeschossenen Berge, soweit

sie im Aufbruch Platz finden, in diesem liegen. Während des Hochbrechens sind also erforderlich: Bergetrumm, Fahrtrumm, Wetter- und Holzfördertrumm. Da der endgültige Ausbau zweckmäßig gleich beim Hochbrechen eingebracht wird, so verteilt man diese Trümmer am besten entsprechend der endgültigen Einteilung, wie die Figuren zeigen. Die Bergeförderung wird in verschiedener Weise eingerichtet: entweder benutzt man das Bergetrumm als Stürzrolle (Fig. 304) und versieht es unten mit einer durch Schieber geschlossenen Abzugöffnung; man erhält dann ein weites Rollloch, das sich nicht leicht zusetzen kann, anderseits allerdings auch eine geringere Widerstandsfähigkeit der Rolllochwandungen. Oder man richtet außer dem Hauptbergetrumm noch ein besonderes Rollloch ein, welches die regelmäßige Abförderung der infolge der Auflockerung überschüssigen Bergemengen ermöglicht, während das Haupttrumm stets gefüllt bleibt und erst nach Fertigstellung des Aufbruchs entleert wird. Da im letzteren Falle also die Bergemasse im Haupttrumm in Ruhe bleibt, so kann man bei geringem Querschnitt des Schachtes dieses dazu benutzen, in den Bergen selbst eine genügend kräftige Wetterluttenleitung nachzuführen (Fig. 303). Sonst legt man die Luttenleitung am besten in das Fahrtrumm (Fig. 304). Für die Holzförderung kann durch leichte verlorene Einstriche ein besonderes kleines Trumm abgekleidet werden. Sie wird mit Hilfe einer einfachen Rolle bewerkstelligt, die oben aufgehängt und über die ein Seil geführt wird; gibt man dem letzteren genügende Länge, so kann, wie vorhin erwähnt, das Holz von unten aus hochgezogen werden.

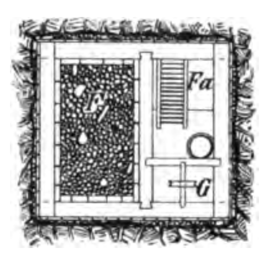
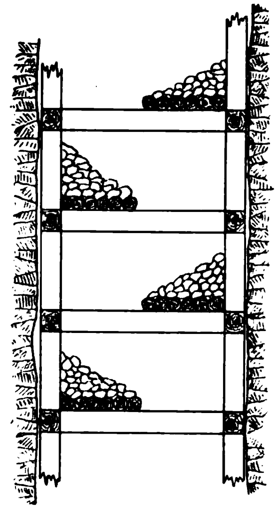


Fig. 304. Querschnitt eines eintrümmigen Aufbruchs während des Hochbrechens. *G* späteres Gegengewichtstrumm.

Die Bergetrumme müssen stets bis oben hin vollgehalten werden, damit die hineingestürzten Berge nicht den Ausbau zerschlagen können. Größere Bergeklötze sind aus demselben Grunde und zur Verhütung von Verstopfungen im Rollloch erst in kleinere Stücke zu schießen, ehe sie ins Rollloch gelangen.

Da bei höheren Aufbrüchen die Rolllöcher stark beansprucht werden und ihre Abkleidung dann im unteren Teile leicht nachgibt, so zieht man häufig die Bergeförderung mittels sog. „Springbühnen“ (Fig. 305) vor, indem man die Berge auf Rundhölzer fallen läßt, die auf die Ausbaugevierte gelegt werden und den Bergefall in eine Reihe kurzer Sprünge zerlegen.


Fig. 305. Hochbrechen mit Springbühner.

Der Fuß des Ausbaues wird durch einen sog. „Schachtstuhl“ gestützt, bestehend aus zwei Gevierten, welche durch eingezapfte, etwa 2 m

hohe Bolzen in den 4 Ecken miteinander verbunden sind und deren unteres auf die Sohle gelegt wird. Der Schachtstuhl bildet gleichzeitig den Anschlag.

Während des Hochbrechens stehen die Arbeiter auf einer Bühne, die entsprechend dem Vorrücken höher gelegt wird. Bei der Herstellung der Sprengbohrlöcher wird in immer steigendem Maße die Handbohrarbeit durch das Bohren mit drehend wirkenden Handbohrmaschinen und mit Bohrhämmern (siehe S. 153 u. f.) verdrängt. Vor Einführung der letzteren fanden verschiedentlich auch Stoßbohrmaschinen mit Preßluftbetrieb Verwendung; für diese wurde dann unter der Arbeitsbühne eine zweite Bühne nachgeführt, auf welche die Maschinen während des Wegtuns der Schüsse heruntergelassen wurden. Hochziehen und Herunterlassen der Bohrmaschinen erfolgte zweckmäßig mit Hilfe von Seilen, die über Rollen geführt wurden.

41. — **Lösungstrecken für besondere Zwecke.** Beim Vortreiben von Strecken irgendwelcher Art, welche an alten Bauen vorbeigetrieben werden oder unmittelbar in diese durchschlagen sollen, sind besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich, da in solchen Bauen Standwasser und Ansammlungen schädlicher Gase zu vermuten sind, welche vielfach unter hohem Druck stehen. Andere hierher gehörige Fälle sind solche, in denen es sich um die Durchörterung großer Verwerfungen mit Wasserführung oder um die Abzapfung ersoffener Schächte von unten her handelt.

In erster Linie ist für die Sicherung der in der Lösungstrecke beschäftigten Leute selbst gegen plötzliche Wasser- und Gasdurchbrüche Sorge zu tragen. Handelt es sich aber um Wasseransammlungen von unbekannter Ausdehnung oder sind große dauernde Zuflüsse aus wasserführenden Gebirgsklüften zu erwarten, so ist auch auf den Schutz der ganzen Grube gegen Ersaufen Bedacht zu nehmen.

Eine einfache und zweckmäßige Vorsichtsmaßregel ist das Vorbohren. Es ermöglicht bei Bauen, die umfahren werden sollen, in der Regel das rechtzeitige Erkennen einer zu weitgehenden Annäherung durch Wassertröpfchen oder Gasausströmungen, welche aus einem vorgebohrten Loche austreten, während bei der Lösung alter Baue u. dergl. die Leute rechtzeitig gewarnt und zur größten Vorsicht gemahnt werden, auch eine allmähliche Abzapfung der Wasseransammlungen durch die Bohrlöcher ermöglicht wird. Die letzteren werden nach den Seiten hin, auf welchen die Wassersäcke zu vermuten sind, also erforderlichenfalls nicht nur in der Firste, sondern auch an beiden Stößen hergestellt (b_1—b_3 in Fig. 306); sie erhalten eine schräge Richtung und eine Länge von mindestens 2,5—3 m; jedoch muß die Länge um so größer genommen werden, je höher der zu erwartende Wasserdruck und je wasserdurchlässiger das Gebirge ist, so daß z. B. beim Vorbohren in der Kohle Längen von 5—6 m gebräuchlich sind. Um jederzeit einen genauen Überblick über den jeweiligen Stand der Bohrungen zu haben, empfiehlt sich die Führung einer

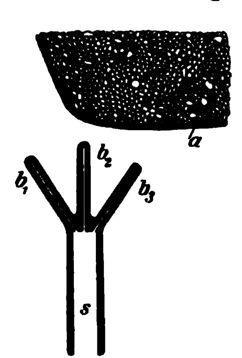


Fig. 306. Vorbohren gegen den alten Mann.

Liste, in welche die Stellung und Tiefe der einzelnen Bohrlöcher eingetragen wird. Vorsichtshalber sichert man sich beim Vorbohren noch gegen das gewaltsame Hervorbrechen des Wassers und das Herausschleudern des Bohrers bei unvermutetem Anbohren der Wasseransammlungen dadurch, daß man das Bohrloch mit einem Rohre auskleidet und den Bohrer mittels einer Stopfbüchse durch dieses hindurchführt. Beispiele solcher Einrichtungen bieten die Figuren 307 und 308.

Fig. 307 veranschaulicht das Anbohren eines mit Wasser unter 18—20 Atm. Druck gefüllten Sumpfquerschlages auf der Otto-Schachtanlage der Mansfeldschen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft von dem Ort eines Sumpfquerschlags aus, welcher bis auf 2,6 m an die ersoffenen Baue herangetrieben war.[1]) Es wurde zunächst in eine doppeltkeilförmige Einschlitzung des Gebirges ein Damm *b* aus Klinkern gesetzt, in welchen 2 mit Außenrippen versehenen Rohre *r* mit eingemauert wurden. Jedes derselben war mit Führung für die von einer einfachen Preßluftbohr-

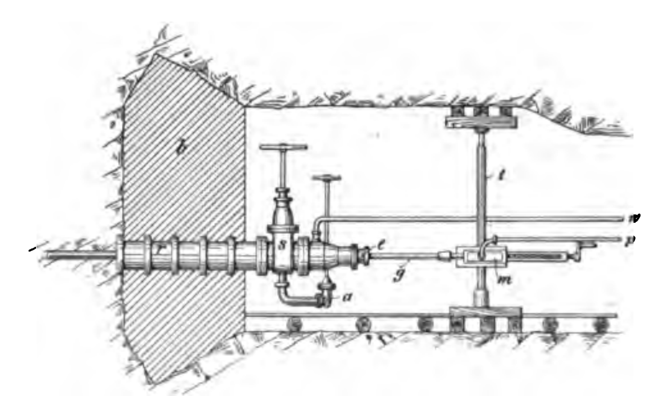


Fig. 307. Einrichtung zum Anbohren ersoffener Baue.

maschine *m* bewegte Bohrstange *g* versehen, deren Eintrittstelle in das Rohr durch eine Stopfbüchse *e* abgedichtet war; außerdem mündete hinter der Stopfbüchse noch eine Druckwasserleitung *w*, welche in ähnlicher Weise wie in Fig. 308 (siehe unten) das Anpressen einer Kautschukliderung an das Bohrgestänge durch Wasserdruck gestattete, um ein Zurückschleudern desselben im Augenblick des Durchschlages zu verhüten. Den schnellen Abschluß sowohl wie geregelten Abfluß des beim Anbohren der Standwasser erschrotenen Wassers ermöglichte der Schieber *s*, an dessen Gehäuse unten noch ein Schlammablaß mit besonderem Schieber *a* angeschlossen war, welcher eine den Abschluß hindernde Verschlämmung des Hauptschiebers zu beseitigen gestattete. Das Auswechseln der Bohrer wurde durch Lösen der Stopfbüchse nach Schließung des Dammschiebers *s* ermöglicht. Kurz vor dem Durchschlag wurde zur weiteren Abschwächung des Stoßes beim Anbohren noch ein Differentialflaschenzug an das hintere Ende des Bohrgestänges angeschlossen.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. Bd. 41, 1893, S. 188.

Die Bohreinrichtung nach Fig. 308 wurde im Jahre 1899 auf der Zeche Viktor bei Rauxel i. W. benutzt, um einen mit dem Kind-Chaudronschen Verfahren niedergebrachten, durch unvollkommene Abdichtung der Moosbüchse jedoch unter Wasser geratenen Schacht durch ein von einem Unterfahrungsquerschlage aus mit ca. 40° ansteigend hergestelltes Bohrloch von 100 mm lichter Weite und 10,5 m Länge abzuzapfen und dadurch das Weiterabteufen von Hand auf der Sohle zu ermöglichen. Für die Unterfahrungstelle wurde ein dickbänkiges Sandsteinmittel ausgewählt. Das dem Klinkerdamm des vorigen Beispiels entsprechende Widerlager wurde hier durch einen nach innen dicker werdenden Konus *b* aus Stampfbeton gebildet, für welchen ein entsprechender Hohlraum im Gebirge hergestellt war und in den ein vorn sich erweiterndes starkwandiges Eisenrohr *k* eingestampft wurde. Die an dieses Rohr außerhalb des Gebirges sich anschließende Rohrleitung war mit einem Absperrschieber *s*, einem Ablaßhahn *h* (auch für den Abfluß des Spülwassers dienend) und einer Stopfbüchse ausgerüstet. Die letztere wurde in ähnlicher Weise wie bei der vorhin erwähnten Einrichtung durch einen inwendig mit Druckwasser zu füllenden Kautschukschlauch *p* gedichtet und gegen ein Herausschleudern des Bohr-

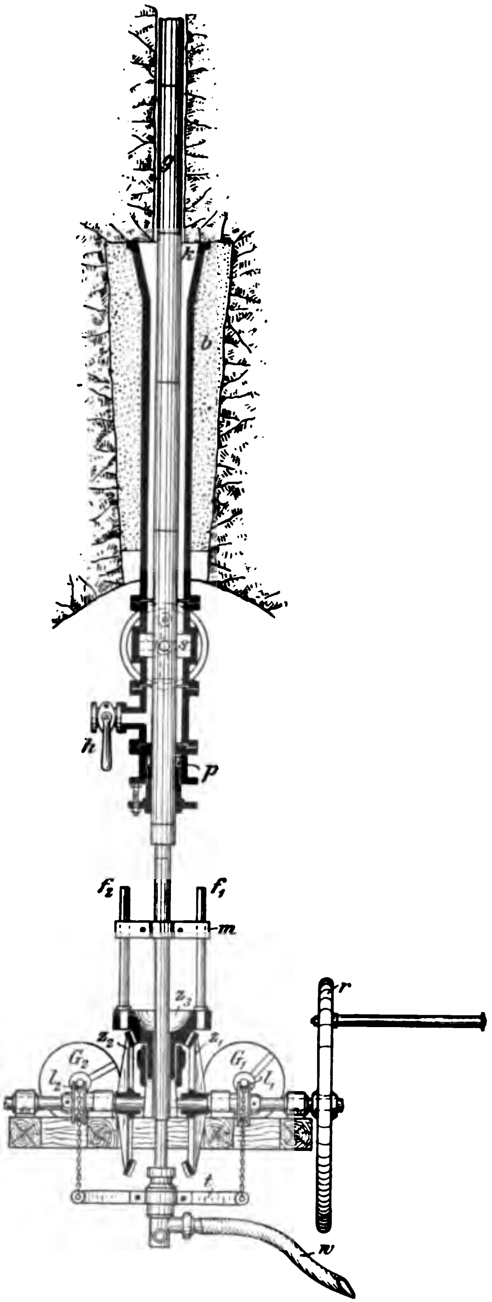


Fig. 308.[1]) Anbohren eines im Abteufen begriffenen Schachtes.

[1]) Glückauf 1900, S. 47 f. und Taf. 5.

gestänges beim Durchschlag gesichert. Dem beim Anbohren des Schachtes zu gewärtigenden Wasserdruck, welcher die Rohrleitung *k* (namentlich nach deren Abschluß durch den Schieber *s*) herauszuwerfen strebte, wurde also infolge dieser Anordnung durch die Ausweitung der vorderen Öffnung von *k* die Wage gehalten, welche den Druck auf den konischen Betonklotz und durch dessen Vermittelung auf das Gebirge übertrug.

Die Bohrvorrichtung, eine Diamantbohreinrichtung von Feodor Siegel in Schönebeck, wurde drehend betätigt, und zwar anfangs von Hand durch das Kurbelrad *r* und das Kegelradgetriebe $z_1 z_3$, später zur Beschleunigung der Arbeit durch einen links angebauten Preßluftmotor (hier nicht gezeichnet) und das Getriebe $z_2 z_3$. Die Drehung und gleichzeitige allmähliche Verschiebung des Bohrgestänges, welches durch das Kegelrad z_3 lose hindurchging, wurde dadurch ermöglicht, daß ein an das Gestänge fest angeklemmtes Schellenband *m* auf den beiden Führungstiften $f_1 f_2$ gleiten konnte, welche letzteren mit dem Kegelrade z_3 fest verbunden waren (vergl. auch Fig. 118 auf S. 104). Der erforderliche Druck der Bohrkrone gegen die Bohrlochsohle wurde durch die Gewichte $G_1 G_2$ (in der Zeichnung von oben gesehen) erzeugt, welche durch Vermittelung der über die losen Rollen $l_1 l_2$ laufenden Ketten ihre Zugkraft auf das mit dem Drehkopf verbundene Querstück *t* übertrugen. *w* ist der das Spülwasser in den Drehkopf einführende Schlauch.

Wegen der außen glatten Rohrverbindungen bot der Durchgang des Bohrgestänges durch die Stopfbüchse keine Schwierigkeiten.

Nach erfolgtem Durchschlag wurde durch Ableitung einer Wassermenge von 1,3 cbm in der Minute durch das Bohrloch die Fortsetzung der Abteufarbeiten von Hand ermöglicht.

Ein weiteres, in erster Linie für die Sicherung der ganzen Grube bestimmtes Hilfsmittel sind die Dammtüren, die an einer passenden Stelle der Lösungstrecke, möglichst in festem Gestein, eingebaut und im Falle eines unvermuteten Wasserdurchbruchs so schnell wie möglich geschlossen werden. (Näheres über diese Türen folgt im Band II.) Um den Leuten mehr Zeit für das Schließen der Dammtüren zu verschaffen, können sog. Sicherheitsblenden vor der Dammtür eingebaut werden, d. h. schwere, durch Eisenbeschlag verstärkte Holztüren, welche die Arbeiter auf der Flucht schnell hinter sich zuwerfen können und die das Wasser einige Zeit aufhalten; diese Türen werden dem Vortreiben der Strecke entsprechend von Zeit zu Zeit weiter vorgeschoben.

Ferner muß für die Herstellung eines gesicherten Fluchtweges für die Leute gesorgt werden. Die Lösungstrecke darf daher nicht zu stark ansteigend aufgefahren werden; nach Möglichkeit ist auch darauf Bedacht zu nehmen (namentlich bei Lösungstrecken in der Lagerstätte), daß in nicht zu großer Entfernung vom Ortsstoß Überhauen oder blinde Schächte, welche mit höheren Grubenbauen durchschlägig sind, den Leuten die Flucht nach oben ermöglichen. Besonders wichtig ist auch die Beleuchtung; da Sicherheitslampen bei unvermutetem Anhauen von wasser- und gaserfüllten Hohlräumen durch den plötzlichen Schlag erlöschen können,, so empfiehlt es sich, nicht nur die Leute mit elektrischen Lampen auszurüsten. sondern auch die ganze Strecke mit elektrischer Beleuchtung zu versehen

Machen sich beim Vorbohren oder Anhauen schädliche Gase bemerkbar, so ist vor dem Betreten der alten Baue eine ausreichende Bewetterung derselben einzuleiten, um eine Gefährdung der Leute durch Kohlensäure und den äußerst giftigen Schwefelwasserstoff, welche beiden Gase sich gerade in alten Bauen häufig finden, zu verhüten.

II. Vorrichtung.

a) Die einzelnen Vorrichtungsbaue.

42. — **Allgemeines.** In dem Abschnitt „Ausrichtung" mußten des Zusammenhangs halber schon verschiedene Grubenbaue besprochen werden, die ganz oder teilweise als Vorrichtungsbetriebe anzusehen waren, wenngleich sie im Gestein hergestellt wurden. Hier braucht daher nur noch auf die Vorrichtung im engeren Sinne, d. h. auf die in der Lagerstätte selbst hergestellten Vorrichtungsbaue eingegangen zu werden.

In der Lagerstätte können Förder-, Fahr- und Wetterwege im Streichen sowohl wie im Einfallen aufgefahren werden; im letzteren Falle unterscheidet man noch aufwärtsgehende oder schwebende und abwärtsgehende oder abfallende Strecken. Vereinzelt kommen auch Diagonalen, d. h. zwischen der Streich- und Fallrichtung aufgefahrene Strecken, in Betracht.

1. Strecken im Streichen.

43. — **Grundstrecken.** Zunächst sind die Grund- oder Sohlenstrecken zu erwähnen (im Erzbergbau auch „Läufe", „Gezeugstrecken" oder „Feldortstrecken" genannt). Sie dienen zunächst zur Erkundung des Verhaltens von Lagerstätte und Nebengestein, damit man danach das anzuwendende Abbauverfahren und die zweckmäßige Bemessung der streichenden Abbaulänge beurteilen kann; auch ermöglichen sie die Vorrichtung weiter im Streichen liegender Bauabteilungen, wenn diese noch nicht durch Abteilungsquerschläge aufgeschlossen sind (Fig. 295 links auf S. 275); ferner dienen sie später als Wetterstrecken für den Abbau der nächsttieferen Sohle. In Grubenfeldern mit geringen streichenden Längen oder mit gutem Nebengestein, sowie in sehr mächtigen Lagerstätten ist ihre Bedeutung am größten, da sie dann auch für die Förderung selbst dienen. Herrscht jedoch die Benutzung von Hauptförderstrecken in Verbindung mit Abteilungsquerschlägen vor, so spielen sie eine nur geringe Rolle, namentlich wenn das Verhalten der Lagerstätte von den oberen Sohlen oder von Nachbargruben her genügend bekannt ist und wenn mit Bergeversatz abgebaut wird; im letzteren Falle können sie sogar für die Vorrichtung vollständig entbehrlich werden, da man sie dann erst mit dem Abbau schrittweise herzustellen braucht.

44. — **Auffahren der Grundstrecken. Nachreißen des Nebengesteins.** In wenig mächtigen Lagerstätten macht das Auffahren von Grundstrecken, da man für die spätere Förderung und Wetterführung einen ausreichenden Querschnitt schaffen muß, das Nachreißen von Nebengestein erforderlich (im Ruhrkohlenbergbau und Saarrevier auch als „**Bahnbruch**" bezeichnet). Bei flacher Lagerung muß mehr Nebengestein hereingewonnen

werden als bei steilem Einfallen, wie die Figuren 310 und 311 veranschaulichen.

Die Frage, ob das notwendige Nachreißen von Nebengestein zweckmäßiger am Hangenden oder am Liegenden erfolgt, muß je nach den Gebirgsverhältnissen verschieden, im allgemeinen aber immer so beantwortet werden, daß bei möglichst geringen Kosten des Nachreißens der Gebirgsdruck möglichst lange von der Strecke ferngehalten, das Gebirge also möglichst wenig in Bewegung gebracht wird. Im Steinkohlenbergbau überwiegt im allgemeinen das Nachreißen des Liegenden, weil dieses unmittelbar unter dem Flöz in der Regel durch eine gebräche Tonschieferschicht gebildet wird. Vielfach aber liegt auf dem Flöz ein „Nachfall", d. h. eine sich leicht loslösende Gesteinsschicht, die sich auf die Streckenzimmerung zu setzen geneigt ist. Hat dieser Nachfall eine nicht zu große Mächtigkeit, so zieht man es vor, ihn hereinzugewinnen, zumal seine Gewinnung mit geringen Kosten möglich ist; namentlich geschieht das bei flacher Lagerung, während in steilstehenden Flözen durch die Durchbrechung des Nachfalls wieder ein starker Firstendruck entstehen kann. Handelt es sich dagegen um mächtigere Lagen gebrächen Gesteins im Hangenden und zeigt die Oberbank eine zähe Beschaffenheit, so zieht man wohl vor, eine Kohlenbank am Hangenden anstehen zu lassen („anzubauen") und lieber das Liegende etwas nachzureißen. Ist endlich Hangendes und Liegendes von annähernd gleicher Beschaffenheit, so greift man zur Verringerung der Gewinnungskosten zweckmäßig beides an (Fig. 309). Dieses Vorgehen empfiehlt sich auch für wenig mächtige Erzgänge, da man auf diese Weise erzführende Nebentrümmer, deren Verfolgung von großer Wichtigkeit sein kann, nicht übersieht. Setzt in geringem Abstand von einem Flöz eine schmale Kohlenbank durch, so ist deren Mitgewinnung, wenn eben möglich, ratsam, da sie sonst die Strecke unter starken Druck bringen kann.

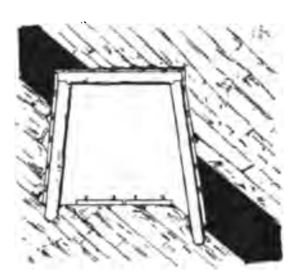


Fig. 309. Grundstrecke mit Nachreißen des Hangenden und Liegenden.

Der Bewetterung von neu aufzufahrenden Grundstrecken ist in schlagwettergefährlichen Gruben (Stein- und Braunkohlengruben, vielfach auch Stein- und Kalisalzgruben) besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, da diese Strecken in die „unverritzte" Lagerstätte getrieben werden und daher häufig mit starker Gasentwickelung zu tun haben. Jedoch kann hier bezüglich der Einzelheiten auf das Kapitel „Bewetterung der Einzelstreckenbetriebe" im Abschnitt „Grubenbewetterung" verwiesen werden.

Je nach der Menge der beim Nachreißen fallenden Berge und ihrer Unterbringung an Ort und Stelle, sowie je nach der verschiedenartigen Bewetterung der Grundstrecken während des Auffahrens kann man die in den Figuren 310—314 dargestellten Fälle unterscheiden.

In flachgelagerten Flözen, welche bei geringer Mächtigkeit eine größere Bergemenge beim „Bahnbruch" liefern als steilstehende Flöze, dafür aber auch eine bequeme Unterbringung dieser Berge als Versatz-

gut bis auf größere Entfernung von den Strecken gestatten, fährt man die Grundstrecken meist mit einem „Bergesack“ oder „Damm“ auf (Fig. 310), in welchem die durch Nachreißen gewonnenen Berge versetzt werden und an dessen unterem Rande meist eine für die Zuführung des frischen Wetterstromes dienende „Wetterrösche“ (auch „Wetterpaß“ genannt), mitgeführt wird. Ist der Bergefall größer, so versetzt man die eine Hälfte nach oben, die andere nach unten, um so einerseits die Kohlengewinnung und Versatzarbeit durch Verkürzung der Abstände von der Strecke zu erleichtern, anderseits beide Stöße der letzteren durch Versatz zu bilden und dadurch den Gebirgsdruck gleichmäßig auf die Strecke wirken und nach dem Festdrücken des Versatzes zur Ruhe kommen zu lassen; auch ergibt sich dann der wichtige Vorteil, daß das Hangende einfach durch Kappen („Bänke“), welche beiderseits auf dem Versatz ruhen, getragen wird, so daß diese sich gleichmäßig und ohne Bruch mitsenken und kein Auswechseln zerknickter Stempel notwendig wird. Man nimmt dann zweckmäßig am oberen und unteren Rande des Versatzes Wetterröschen mit.

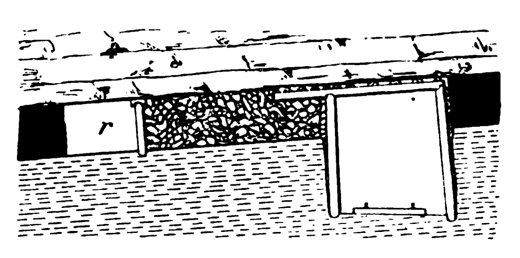


Fig. 310. Grundstrecke mit Bergedamm.

In steilstehenden Flözen ist naturgemäß das Mitführen eines Dammes (Figuren 311 und 312) beschwerlich, weshalb man es bei größerem Bergefall meist auf die Fälle beschränkt, in denen eine Abförderung der gewonnenen Berge unverhältnismäßig hohe Kosten verursachen würde. Geringfügige Bergemengen lassen sich am Hangenden oder als Streckensohle unterbringen (Fig. 315 auf S. 294). Da beim Fehlen eines Dammes mit Wetterrösche keine 2 getrennten Wetterwege vorhanden sind, so kann man dann Wetterlutten oder -Scheider mitführen, zieht jedoch vielfach den Begleitortbetrieb

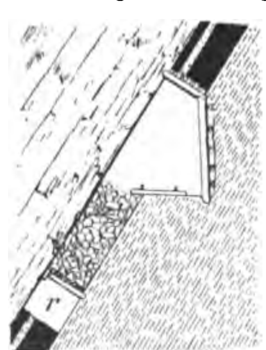


Fig. 311.

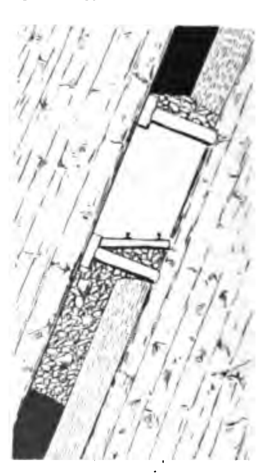


Fig. 312.

Fig. 311 und 312. Grundstrecken mit Bergedamm bei steiler Lagerung, mit und ohne Wetterrösche.

oder das Breitauffahren vor, schon um für den Fall eines Streckenbruchs einen zweiten Ausweg für die Leute zu haben. Einen Begleitortbetrieb mit Herstellung von Durchhieben in regelmäßigen Abständen, durch welche eine Wetterverbindung zwischen beiden Strecken geschaffen wird, zeigt Fig. 313. In neuerer Zeit geht man jedoch auch bei steiler Lagerung vielfach mit „breitem Blick“, d. h. mit Hereingewinnung des Kohlenpfeilers über der Grundstrecke (Fig. 314) vor. Dieses Verfahren bietet nämlich verschiedene Vorteile: das teure und wegen der Schlagwetteransammlung in schwebenden Betrieben gefährliche Hochbringen der Durchhiebe fällt weg, die Bewetterung ist einfach, da Lutten und Scheider gänzlich entbehrlich werden. Außerdem wird die Grundstrecke nach dem Zusammenpressen des Bergeversatzes vom Drucke des Hangenden entlastet, so daß sie ohne große Kosten lange offen gehalten werden kann. Dazu kommt, daß die Kohle des Grundstreckenpfeilers, die früher vielfach gar nicht oder doch nur unvollkommen und immer nur unter starkem Gebirgsdruck und in schlechter Beschaffenheit (zerdrückt und entgast) gewonnen werden konnte, jetzt vollständig und gas- und stückreich hereingewonnen werden kann. Allerdings bietet die Beschaffung der Berge vielfach Schwierigkeiten: im Flöze selbst fallen der steilen Lagerung wegen bei nicht ganz

Fig. 313. Grundstrecke mit Begleitort und Durchhieben.

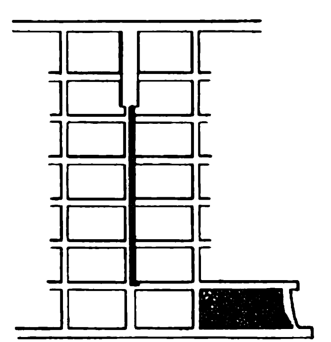


Fig. 314. Auffahren einer Grundstrecke mit breitem Blick.

geringer Flözmächtigkeit und bei dem Fehlen von Bergmitteln oder „N·
fall“ wenig Berge, auch können die durch Nachreißen der Grundstrec·
wonnenen Berge nur in geringem Maße Verwendung finden, weil i·
setzen in größerer Höhe oberhalb der Strecke zu schwierig ist.
schaffung fremder, d. h. von anderen Gewinnungspunkten aus z·
Berge aber stößt auf Schwierigkeiten, da beim Treiben der G·
die zum Heben oder Herablassen der Berge auf die Höhe ·
erforderlichen Fördereinrichtungen noch nicht vorhanden
Jedoch stehen in der Regel wenigstens die beim Nachreiß·
gewonnenen Berge zur Verfügung, welche man zweckr·
in der Höhe des Begleitorts aus einem zu diesem Z·
hergestellten Rollkasten abzieht. Vielfach kann
Grundstreckenvortrieb auf dem Fuße folgen, so
Versatzberge wie die Abbaubetriebe erhalten ka·

In mächtigeren Lagerstätten fällt das N
fort. Handelt es sich um Mächtigkeiten von
die Strecken einfach in der vollen Breite der

noch mächtigeren Lagerstätten, in welchen beim Auffahren der Strecken ein mehr oder weniger großer Teil des Minerals angebaut werden muß, treibt man die Strecke in der Regel am Liegenden, um sie den Einwirkungen des späteren Abbaus möglichst zu entziehen. Es muß dann, um nicht mit der Strecke in die Lagerstätte hinein zu fahren, sorgfältig darauf geachtet werden, daß stets das Liegende bloßgelegt wird. Bei flacher und steiler Lagerung kann die Streckensohle unmittelbar durch das Liegende bezw. durch die Lagerstätte gebildet werden, bei mittleren Neigungswinkeln dagegen wird etwas Mineral in der Sohle angebaut oder eine Bergeschicht aus einem mithereingewonnenen Bergmittelstreifen auf die Sohle gebracht (Fig. 315). — Vielfach geht man bei großer Mächtigkeit der Lagerstätte mit den Strecken gänzlich aus der letzteren heraus ins Nebengestein, und zwar ins Liegende zur Vermeidung von Druck durch den Abbau, und löst von der Strecke aus die Lagerstätte durch eine Reihe kurzer Querschläge (*q* in Fig. 316). Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß bei der Strecke nicht auf den Abbau und beim Abbau nicht auf die Strecke Rücksicht genommen zu werden braucht und daß die Strecke im Nebengestein meist bedeutend druckfreier steht als in der Lagerstätte. Dazu kommt bei Erzgängen, daß die Strecke nicht den mancherlei Krümmungen des Ganges zu folgen braucht, sondern geradlinig angelegt werden kann, was für die Förderung wesentlich günstiger ist; außerdem erfolgt hier die Herabförderung der Mineralien vom Gewinnungspunkte auf die Sohle vielfach durch offene Förderrollen (*r* in Fig. 316, siehe auch unten), in deren Anlage man, da sie seitlich der Grundstrecke münden müssen, mehr freie Hand hat, wenn die letztere außerhalb der Lagerstätte liegt. Für flözartige Lagerstätten bietet das Auffahren der Strecken im Nebengestein den Vorteil, daß man eine möglichst druckfreie Schicht für dieselben aussuchen kann.



Fig. 315. Grundstrecke in einem mächtigeren Flöz.



Fig. 316. Erzgang mit Grundstrecke *s* im Liegenden und Verbindungsquerschlägen *q*.

45. — Teilsohlenstrecken. Die Teilsohlenstrecken dienen dazu, die flache Bauhöhe einer Lagerstätte zwischen 2 Fördersohlen in zweckmäßig bemessene einzelne Bauabschnitte zu zerlegen, um so zu lange Bremsberge vermeiden und durch Schaffung einer größeren Anzahl von Angriffspunkten den Abbau beschleunigen zu können. Sie finden daher besonders bei flacher Lagerung, welche eine wesentlich größere flache Bauhöhe bedingt, Verwendung (Fig. 317). Für das Treiben solcher Strecken gelten ähnliche Regeln wie für das Auffahren der Grundstrecken.

46. — Abbaustrecken. Eine noch weitergehende Teilung des Abbaufeldes von unten nach oben bezwecken die „Abbaustrecken“, welche besonders für den Abbau ohne Bergeversatz wichtig sind. Da sie aber unmittelbar dem Abbau vorausgehen und daher zu diesem in wesentlich engerer Beziehung stehen als die Grund- und Teilsohlenstrecken, sollen sie im Abschnitt „Abbau“, soweit nötig, näher besprochen werden.

47. — Hauptförderstrecken. Eine besondere Stellung nehmen die für Steinkohlengruben mit zahlreichen, wenig mächtigen Flözen kennzeichnenden Hauptförderstrecken ein, welche die Aufgabe haben, die Förderung verschiedener Flöze zu sammeln und dem Haupt- oder nächsten Abteilungsquerschlage zuzuführen (siehe Fig. 295 rechts auf S. 275). Da sie eine größere Fördermenge zu bewältigen haben, so können für sie auch

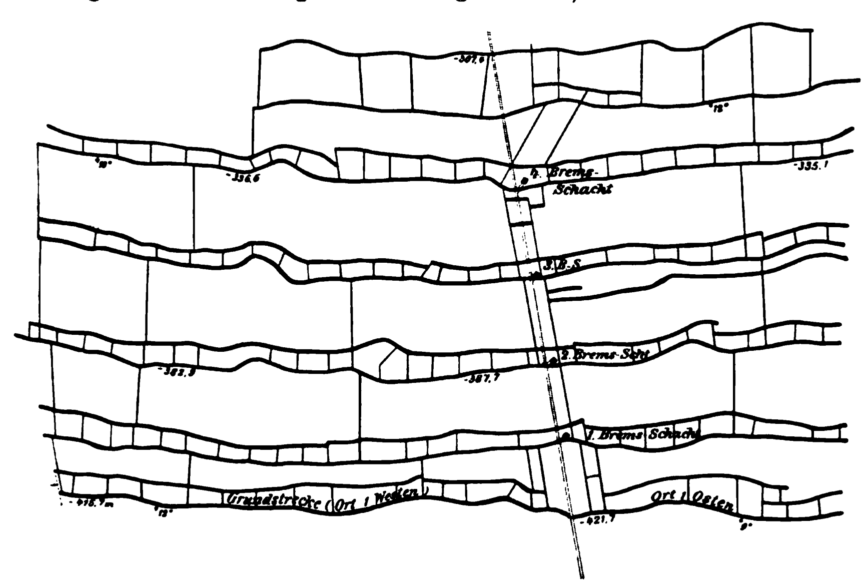


Fig. 317. Zerlegung der flachen Sohlenhöhe in Teilsohlen.

größere Ausgaben aufgewendet werden. Solche Strecken müssen dem Gebirgsdruck möglichst entzogen werden, damit ihre Aufrechterhaltung mit mäßigen Ausgaben und ohne größere Störungen der Förderung möglich ist; außerdem soll ihr Förderbetrieb möglichst wenig durch den Betrieb der einzelnen Flözbremsberge gestört werden. Daher wählt man vielfach unbauwürdige Flöze mit gutem Nebengestein zum Auffahren von Hauptförderstrecken, besonders bei steilem Einfallen, wo kleine Flöz-„Wellen“ nur geringfügige Streckenkrümmungen zur Folge haben und wo außerdem der Gebirgsdruck aus dem Hangenden mehr zurücktritt. In vielen Fällen aber geht man noch weiter und legt die Hauptförderstrecken völlig ins Nebengestein, wobei man ein möglichst standfestes Gebirgsmittel für dieselben aussucht. Man verzichtet dann allerdings auf die Erleichterung des Vortriebes, welche in Flözstrecken durch die leichte Gewinnbarkeit des Flözes und die gleichzeitig dabei erfolgende einfache Schaffung eines

Einbruchs für die Schießarbeit erzielt wird. Dafür aber erreicht man: vollständige Unabhängigkeit der Förderstrecken vom Abbau und weitgehenden Schutz derselben vor den Abbauwirkungen (letzteres besonders, wenn die Strecken im Liegenden der zugehörigen Flözgruppe getrieben werden können), daher geringe Reparaturbedürftigkeit und demgemäß eine bedeutende Ersparnis an laufenden Betriebskosten. Auch kann die Hauptförderstrecke geradlinig, als „Richtstrecke", getrieben werden, was besonders bei flacher Lagerung vorteilhaft ist und die Anwendung mechanischer Streckenförderung ermöglicht. Dazu kommt, daß vielfach für die Schießarbeit im unmittelbaren Nebengestein der Flöze Sicherheitssprengstoffe vorgeschrieben sind, welche das Auffahren verteuern und so den durch den billigen Einbruch in Flözstrecken gewonnenen Vorteil wieder verschwinden lassen. Endlich ist auch zu berücksichtigen, daß in neuerer Zeit viele früher als unbauwürdig angesehenen Flöze abgebaut werden und damit die Zahl der für das Auffahren von Förderstrecken in Betracht kommenden Flöze wesentlich heruntergegangen ist; diese Flöze aber (von weniger als ca. 0,40 m Mächtigkeit) bieten für das Auffahren von Strecken mit großem Querschnitt nur noch geringe Vorteile.

Das Bestreben, Vorrichtungsbetriebe in das Gestein zu legen, dem wir bereits oben gelegentlich der Besprechung der Herstellung von seigeren Bremsschächten an Stelle von Bremsbergen in den Flözen begegnet sind, macht sich überhaupt im heutigen Steinkohlenbergbau immer mehr geltend und ist insbesondere für den Ruhrkohlenbezirk bezeichnend. An Gründen dafür können verschiedene angeführt werden: Die wachsenden Kosten für die Schächte machen deren größtmögliche Ausnutzung, d. h. eine möglichst große Bemessung der den einzelnen Schächten zuzuweisenden Abbaufelder, erwünscht; mit der Größe der Abbaufelder aber wächst ihre Förderleistung und die Dauer des Abbaues einer Sohle; an die Stelle zahlreicher Vorrichtungsbetriebe mit geringer Leistung und kurzer Standdauer treten also besser wenige Betriebe, die auf längere Zeit hinaus eine große Förderung zu vermitteln haben und bei denen daher höhere Anlagekosten, wie Gesteinsstrecken sie mit sich bringen, sich reichlich bezahlt machen. Außerdem sind infolge des hohen Standes der heutigen Sprengtechnik die Kosten für Gesteinsarbeiten wesentlich zurückgegangen. Dieser Verringerung der Anlagekosten gegenüber sind wegen der starken Steigerung der Löhne und Holzkosten gerade die Unterhaltungskosten wesentlich in die Höhe gegangen, so dass sie gegenüber den mäßigen Kosten der ersten Anlage meist eine ausschlaggebende Rolle spielen.

48. — Sonstige streichende Strecken. Wetter- und Sumpfstrecken dienen denselben Zwecken wie Wetter- und Sumpfquerschläge. Unter den Wetterstrecken nehmen im Steinkohlenbergbau die auf der Kuppe eines Sattels getriebenen eine besondere Stellung ein; sie sollen die Wetter einer Bauabteilung über die Kuppe eines in der Streichrichtung sich einsenkenden Sattels hinweg zur höheren Sohle oder zu einem von dieser aus niedergebrachten Gesenk abführen und werden daher von vornherein lediglich als Wetterstrecken aufgefahren (Fig. 318). Verschiedentlich werden in sehr grubengasreichen Flözen solche Strecken auch lediglich deshalb getrieben, um dem Flöz Gelegenheit zur Entgasung zu geben und den Abbau weniger gefährlich zu machen.

Die übrigen Wetterstrecken sind in den meisten Fällen früher Förderstrecken gewesen. Jedoch werden vielfach, wie Wetterquerschläge, so auch Wetterstrecken eigens als solche aufgefahren, z. B. wenn es sich darum handelt, den Abbaubetrieben oberhalb einer Sohle oder Teilsohle

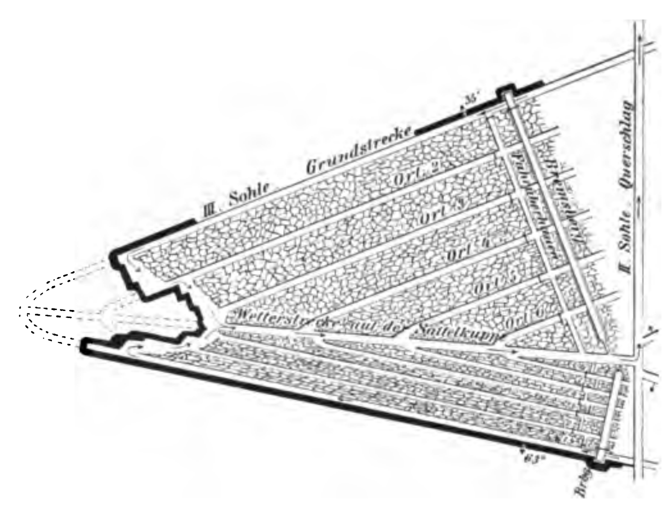


Fig. 318. Wetterstrecke auf einer Sattelkuppe.

einen völlig frischen Wetterstrom zuzuführen, und deshalb der verbrauchte Wetterstrom aus den unteren Betrieben durch eine besondere Abzugstrecke und eine Wetterbrücke (auch „Wetterkreuz“, siehe „Grubenbewetterung“) von dem frischen Strom getrennt gehalten werden soll.

2. Strecken im Einfallen.

49. — Zwecke und Arten. Die im Einfallen der Lagerstätte aufwärts oder abwärts getriebenen Vorrichtungstrecken sollen zu der Einteilung der Lagerstätte von unten nach oben, wie sie durch die Grund- und Teilsohlenstrecken vermittelt wird, eine solche nach der Streichrichtung hinzufügen. Außerdem dienen sie zur Förderung, Fahrung und Wetterführung. Je nach Zweckbestimmung und Art der Herstellung unterscheiden wir Überhauen (auch „Schwebende“ genannt), Durchhiebe, Bremsberge, Abhauen und Rolllöcher.

50. — Überhauen. Überhauen sind schwebende Betriebe, welche von unten nach oben aufgefahren werden. Sie dienen nach Fertigstellung zur Förderung, indem sie als Bremsberge oder Rolllöcher ausgebaut werden, zur Fahrung (Fahrüberhauen) und zur Wetterführung (Wetterüberhauen). Fahr- und Wetterüberhauen kommen in der Regel neben die Bremsberge zu liegen; ihre Herstellung soll daher mit diesen zusammen besprochen werden.

Als Durchhiebe (Durchbrüche) bezeichnet man kleine Überhauen oder Abhauen, welche die Wetterverbindung zwischen zwei benachbarten streichenden Strecken herstellen (Fig. 313, vergl. auch unten unter „Pfeilerbau“).

51. — **Bremsberge. Arten.** Den Bremsbergen fällt die wichtige Aufgabe zu, unter Ausnutzung der Schwerkraft die gewonnenen Mineralien vom Gewinnungspunkte bis zur nächsttieferen Sohle oder Teilsohle zu bringen. Sie finden bei flacher sowohl wie bei steiler Lagerung Verwendung; im letzteren Falle werden sie namentlich im Kohlenbergbau viel benutzt, da sie für diesen den Rolllöchern gegenüber (siehe diese, S. 303) trotz höherer Kosten verschiedene Vorteile bieten. Bei der Herstellung eines Bremsbergs ist zu berücksichtigen, ob er die von einer Anzahl Abbaustrecken gelieferten Kohlenmengen der nächsten Sohlen- oder Teilsohlenstrecke zuführen soll (Bremsberg mit Zwischenanschlägen, „Örterbremsberg") oder ob er die Aufgabe erhalten wird, die auf einer Teilsohle angekommenen Fördermengen zur Hauptfördersohle herunterzulassen („Transportbremsberg").

Örterbremsberge werden möglichst billig hergestellt, da sie nur den Abbau einer einzelnen Bauabteilung zu überdauern brauchen. Bei steiler Lagerung werden derartige Bremsberge durchweg für eintrümmige Förderung, d. h. für das Hochziehen des leeren Wagens mittels Gegengewichts in einem besonderen Zuge, eingerichtet. Sie können dann schmaler gehalten und daher billiger ausgebaut und unterhalten werden; auch lassen sich die Schwierigkeiten, welche sich dadurch ergeben, daß ein zweitrümmiger Bremsberg an sich zunächst nicht für die Bedienung von Zwischenanschlägen benutzt werden kann, bei steiler Lagerung nur in umständlicher Weise umgehen. Bei flachem Einfallen dagegen, wo einfach mit Wagen im Bremsberg gefördert werden kann und in eintrümmigen Bremsbergen das Gegengewicht nebenlaufend angeordnet werden muß, also ebensogut ein zweites Gestänge notwendig wird wie in zweitrümmigen Bremsbergen, werden vielfach auch die letzteren ausschließlich oder wenigstens nebenher auch mit Zwischenanschlägen eingerichtet; man muß dann die Benutzung solcher Bremsberge für die Zwischenförderung durch verschiedene Hilfsmittel ermöglichen, deren wichtigstes die Förderung mit Seil ohne Ende ist. Im übrigen ist bei flachen Bremsbergen mit Zwischenörtern das Anschlagen möglichst bequem und gefahrlos zu machen, was vielfach Veranlassung gibt, den Bremsberg „einflügelig" einzurichten, d. h. nur nach einer Seite hin abzubauen, um nur auf dieser Seite anschlagen zu brauchen. — Transportbremsberge haben im Gegensatz zu den Örterbremsbergen vielfach eine lange Standdauer auszuhalten und eine große Fördermenge zu bewältigen, so daß bei ihrer Anlage die Rücksicht auf billige Herstellung mehr in den Hintergrund tritt. Sie werden meist für zweitrümmige Förderung eingerichtet.

Weitere Unterschiede ergeben sich aus dem Flözfallen und der mehr oder weniger großen Rücksicht auf die Schonung der Kohle. Bei flacher Lagerung (bis zu etwa 25°) kann der Förderwagen unmittelbar an das Seil geschlagen werden; man nennt derartige Bremsberge „Wagen"- oder „Lauf"bremsberge. In steiler gelagerten Flözen dagegen müssen die Wagen, wenn die Kohle möglichst geschont werden soll, auf besondere Gestelle aufgeschoben werden („Gestell"- oder „Bock"bremsberge), was zur Erleichterung des Anschlagens verschiedentlich auch bei flachem Einfallen geschieht.

52. — Herstellung der Bremsberge bei steiler Lagerung. Da ein unmittelbar am Förderseil hängender Wagen vollständig in der

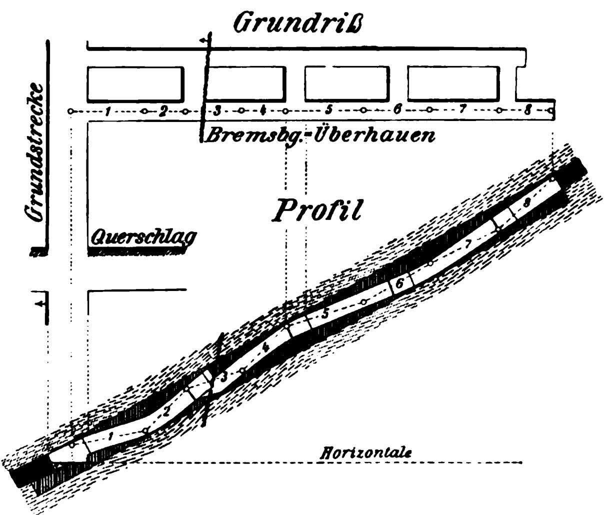


Fig. 319. Markscheiderische Aufnahme eines zu einem Bremsberg auszubauenden Überhauens.

Ebene des Flözes, ein auf dem Gestell stehender Wagen dagegen sehr „sperrig" zur Flözebene steht, muß bei der Herstellung von Gestellbremsbergen bedeutend mehr Nebengestein nachgerissen werden als bei Wagenbremsbergen. Außerdem muß bei Gestellbremsbergen mehr Rücksicht auf eine gleichbleibende Neigung der Bremsbergsohle genommen werden, da sonst die Gestelle leicht entgleisen. Daher wird bei steiler Flözlagerung zweckmäßig in folgender Weise verfahren: Zunächst wird ein einfaches Überhauen in der Kohle hochgebracht und nach Fertigstellung nach Fig. 319 und 320 mit Kette und Gradbogen aufgenommen, so daß man eine hinreichend genaue Vorstellung von den Unebenheiten in der Flözfläche erhält und sich darüber schlüssig werden kann, wo man das Hangende und wo das Liegende angreifen muß und ob etwa ein zu starker Knick auftritt, welcher die

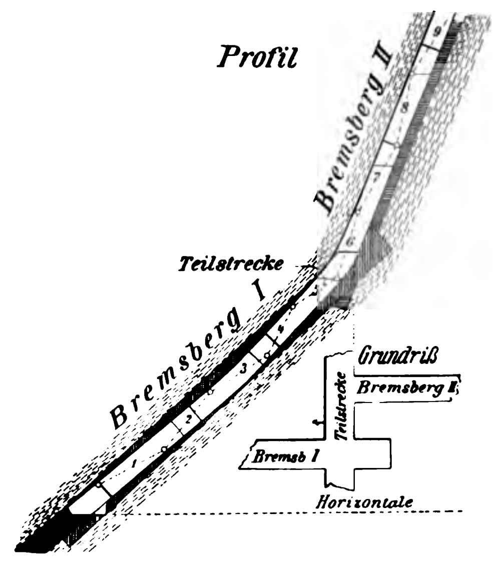


Fig. 320. Markscheiderische Aufnahme eines in zwei Bremsberge zu zerlegenden Überhauens.

Anordnung von 2 Bremsbergen übereinander auch dann als zweckmäßig erscheinen läßt (Fig. 320), wenn das nicht ohnehin wegen der Erhöhung der Förderleistung erwünscht ist. Erst dann beginnt das Nachreißen des Nebengesteins, und zwar zweckmäßig von oben, damit die Leute stets auf dem noch anstehenden Teil des Querschnitts eine sichere Standfläche haben.

In steilgelagerten dünnen Flözen mit geringwertiger Kohle vermeidet man wohl das Nachreißen dadurch, daß man im Bremsberg statt der Gestelle mit niedrigen Kasten fördert, in welche die Förderwagen auf den einzelnen Zwischenanschlägen entleert werden.

Für jedes Bremsbergfeld ist bei steilem Einfallen eine Fahrverbindung von unten nach oben vorzusehen. Und zwar empfiehlt es sich, bei zweiflügeligem Betriebe für jeden Bauflügel, also auf jeder Seite des Bremsbergs, eine solche Verbindung herzustellen, damit die Leute nicht genötigt sind, durch den Bremsberg zu gehen, um vor ihren Betriebspunkt zu gelangen. Man bringt daher zweckmäßig (siehe oben, Fig. 314) gleichzeitig mit dem später als Bremsberg auszubauenden Überhauen zu beiden Seiten die späteren Fahrüberhauen hoch. Dabei werden in den Höhenlagen der späteren Abbaustrecken diese 3 schwebenden Betriebe durch streichende Durchhiebe unter sich verbunden, welche gleichzeitig zur Bewetterung während des Aufhauens dienen; nach Herstellung eines neuen Durchhiebs wird der nächstuntere wetterdicht abgeblendet.

Die beim Nachschießen des Nebengesteins im Bremsberg gewonnenen Berge werden zweckmäßig gleich als Versatz benutzt. Zu diesem Zwecke wird ein Abschnitt des Überhauens als Rollloch ausgekleidet. Am besten können die Berge gleich bei der Gewinnung des Grundstreckenpfeilers Verwendung finden, indem man diesen Pfeiler gleichzeitig mit der Erweiterung des Bremsbergs in Angriff nimmt (Fig. 314 auf S. 293) und die auf Ort 2 aus dem Rollloch abgezogenen Berge in ihn verstürzt.

53. — Herstellung der Bremsberge bei flacher Lagerung. Die Herstellung von Bremsbergen in flachgelagerten Flözen vereinfacht sich wesentlich dadurch, daß das Nachreißen des Nebengesteins, da die gewonnenen Berge nicht auf dem Liegenden herabrutschen, gleich während des Aufhauens geschehen kann. Auch kann das Versetzen dieser Berge sofort an Ort und Stelle erfolgen, indem ein genügend breiter Kohlenstoß (Fig. 321 und 322) mitgenommen und durch Bergeversatz ersetzt wird. Man erzielt dadurch dieselben Vorteile wie beim „Breithauen" von Grundstrecken (siehe oben): gute Wetterführung ohne besondere Hilfsmittel, große Hauerleistung, Ersatz der unzuverlässigen und später nur in mangelhafter Beschaffenheit zu gewinnenden Kohlensicherheitspfeiler durch Bergepfeiler, welche sich zwar anfangs stark zusammendrücken und vielfach eine wiederholte Erneuerung des Holzausbaus erfordern, später aber den Bremsberg vom Druck entlasten und eine lange Standdauer desselben ermöglichen. Wenn die Berge beim Nachreißen in einigermaßen genügender Menge fallen, bringt man sie zu beiden Seiten des Bremsbergs unter, um den Gebirgsdruck auf diesen gleichmäßig wirken zu lassen. An den beiden Grenzen des Bergepfeilers werden die späteren Fahrüberhauen ausgespart. Sind diese entbehrlich, weil der Bremsberg selbst zum Fahren benutzt werden kann, so sieht man hier nur Wetterröschen

vor, welche die Bewetterung des Aufhauens ermöglichen und später Raum für die Inangriffnahme der Kohlenstöße bieten. Die Stöße des Bremsbergs werden vorteilhaft durch Holzpfeiler („Schränke", „Kreuzlager") gesichert; steht altes Holz nicht in ausreichenden Mengen zur

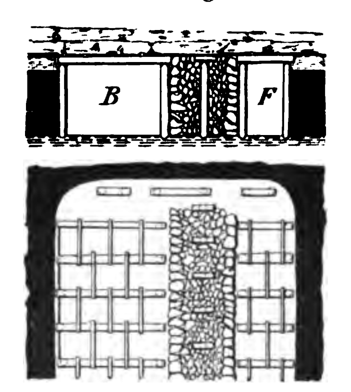


Fig. 321.[1]) Auffahrung eines Bremsbergs mit Fahrüberhauen.

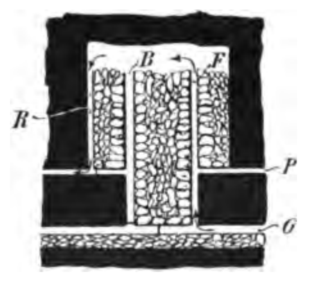


Fig. 322.[2]) Auffahrung eines Bremsbergs mit Fahrüberhauen und Wetterrösche. *G* Grundstrecke, *P* Begleitort.

Verfügung und fällt das nachgerissene Nebengestein in genügend groben Stücken, so kann an die Stelle der Holzpfeiler ganz oder teilweise trockene Bergemauerung treten. Wegen des Vordrängens der Stöße unter der Wirkung des Gebirgsdrucks fährt man den Bremsberg mit überschüssiger Breite auf. Gegen das Hereindrücken von Bergemauern sichert man sich nach Fig. 323 auch dadurch, daß man diese mit Rundhölzern und abgelegten Drahtseilen oder Seillitzen gegen Stempel im Bergeversatz verankert (vergl. auch Fig. 357 auf S. 341).

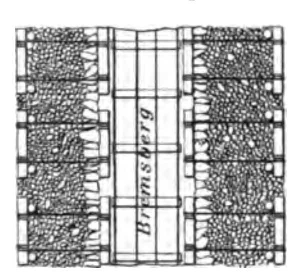


Fig. 323. Zurückhaltung von Bergemauern im Bremsberg durch Drahtseile.

54. — Anschluß der Bremsberge an die Grundstrecken. Am Fuße der Bremsberge sind Vorkehrungen zu treffen, um die Grundstrecke gegen abstürzende Wagen und dergl. zu sichern; auch ist in der Regel hier ein wetterdichter Abschluß vorzusehen. Bei steilem Flözfallen wird die Grundstrecke durch Verumbruchung im Hangenden (Fig. 324) oder im Liegenden (Fig. 325 und 326) geschützt. Flach geneigte Bremsberge erhalten am Fuße eine

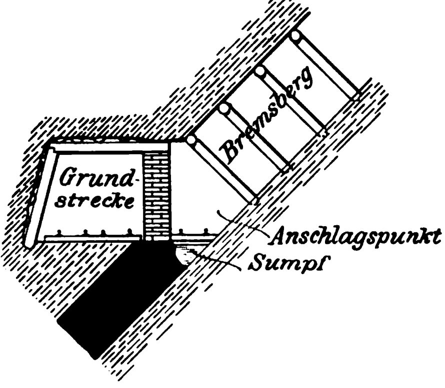


Fig. 324.[3]) Bremsberganschlag mit Umbruch im Hangenden.

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 97. — [2]) Daselbst, S. 98. — [3]) Daselbst, Taf. XV.

Abschlußmauer (Fig. 327), an deren Stelle auch eine Bergemauer (Fig. 328), ein starker Stempelschlag oder weiter gestellte Stempel mit Drahtseil-

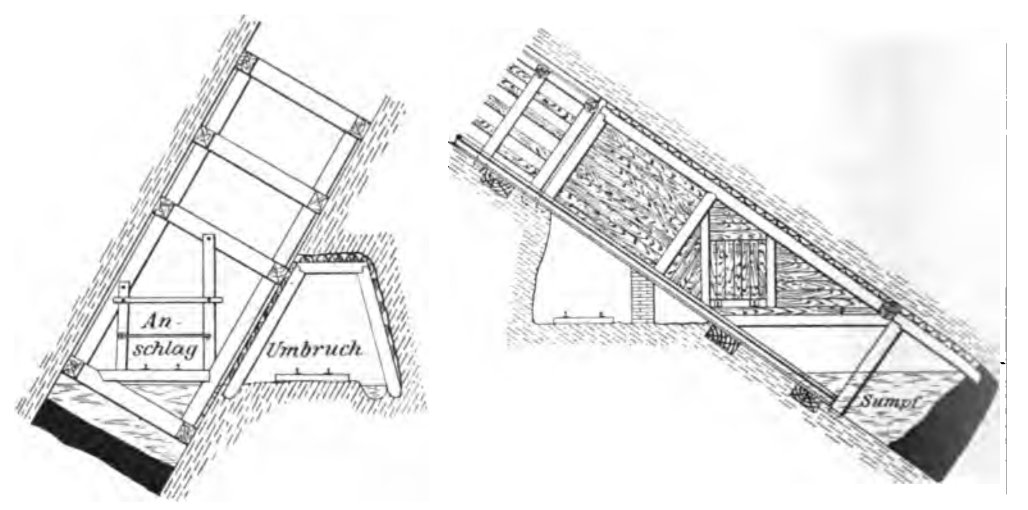


Fig. 325.[1]) Anschlag mit Umbruch im Liegenden bei steilerem Einfallen.

Fig. 326.[1]) Anschlag mit Umbruch im Liegenden bei flacherem Einfallen.

geschlinge treten können. Außerdem kann bei flacher Lagerung auch ein Kohlenpfeiler zur Sicherung der Grundstrecke dienen und der Bremsberganschlag mit dieser durch eine Gesteinstrecke oder eine Diagonale im Flöz verbunden werden; in diesen Verbindungstrecken können die zur Abdichtung dienenden Wettertüren eingebaut werden.

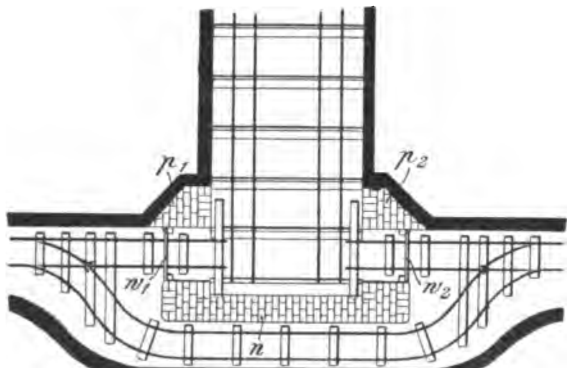


Fig. 327.[1]) Anschlag mit Schutzmauer bei flacher Lagerung (Grundriß).

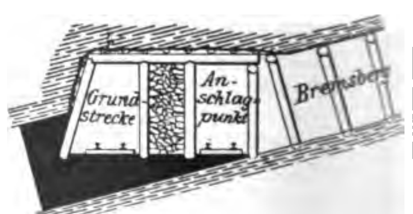


Fig. 328.[1]) Anschlag mit Bergemauer bei flacher Lagerung (Profil).

55. — **Abhauen.** Die Abhauen werden von oben nach unten hergestellt. Sie sind in erster Linie erforderlich beim Unterwerksbau. In schlagwettergefährlichen Flözen bevorzugt man vielfach auch für die Herstellung von Bremsbergen, Fahrverbindungen und Wetterdurchschlägen das Niederbringen von Abhauen gegenüber dem Aufhauen wegen dessen

[1]) Sammelwerk, Bd. II, Taf. XV.

großer Schlagwettergefahr. Weiterhin zieht man auch der Zeitersparnis halber vielfach das Niederbringen eines Abhauens der Herstellung eines Überhauens vor: man kann die Zeit ausnutzen, während welcher auf der unteren Sohle der Querschlag bis zu dem betreffenden Flöze getrieben wird, so daß nach Fertigstellung von Querschlag und Abhauen gleich mit dem Abbau begonnen werden kann. Auch kommt man wohl der Beschleunigung halber einem Aufhauen von der unteren durch ein Abhauen von der oberen Sohle entgegen. Für das Niederbringen von Abhauen gelten im übrigen dieselben Regeln wie für die Herstellung von Überhauen, Bremsbergen usw. Die Förderung der Kohlen aus dem Abhauen erfolgt in der Regel durch einen kleinen, mit Druckluft oder Elektrizität betriebenen Haspel, falls nicht etwa das Einfallen so flach ist, daß Schlepperförderung eingerichtet werden kann.

56. — **Rolllöcher**. Die Rolllöcher, auch „Rollkasten", „Rollen" (Sturz- oder Förderrollen) genannt, ermöglichen in genügend steil einfallenden Lagerstätten eine bequeme und billige Abwärtsförderung; billig nicht nur wegen des Wegfalls von Schienen, rollendem Gut, Bremswerk, Seilen usw., sondern auch wegen ihres geringen Querschnittes, der in druckhaftem Gebirge die Unterhaltungskosten wesentlich verringert.

Außer ihrer Einfachheit bietet die Rolllochförderung noch den Vorteil, daß die Rollen Zwischenbehälter bilden, welche zwischen Abbau und Streckenförderung einen gewissen Ausgleich schaffen und dadurch kleine Betriebsstockungen im Abbau für die Förderung und umgekehrt unschädlich machen. Besonders erwünscht ist dieser Ausgleich bei der Zuführung von Versatzbergen von der oberen Sohle her, wo bei Pferde- oder Lokomotivförderung Stürzrollen eine bedeutend schnellere Abfertigung eines vollen Zuges ohne Wechselwagen ermöglichen als Bremsberge.

Die Rollen eignen sich naturgemäß nur für Fördergut, welches eine rauhe Behandlung ertragen kann. Im Steinkohlenbergbau kommen sie daher vorzugsweise für die Förderung von Versatzbergen in Frage, während die Kohlenförderung mit Rücksicht auf die starke Zerkleinerung und Staubbildung beim Stürzen der Kohlen nur ausnahmsweise durch Rolllöcher erfolgt, z. B. beim Hochbringen von Überhauen oder beim Abbau kleiner, durch Gebirgsstörungen abgegrenzter Feldesteile, für welche die Herstellung von Bremsbergen sich nicht lohnen würde. Nachteilig ist auch, daß im Falle der Benutzung eines Rolllochs durch mehrere Kameradschaften die Ermittelung der von jeder gelieferten Kohlenmengen und der Herkunft unreiner Kohlen schwierig ist. Das Hauptanwendungsgebiet der Rollen ist der Erzgangbergbau, für welchen die Rolllochförderung die Regel bildet. Da sie jedoch hier meist nicht als Vorrichtungsbaue vor Beginn des Abbaues hergestellt, sondern in dessen Verlauf im Bergeversatz ausgespart werden, so soll die Besprechung der beim Erzbergbau üblichen Stürzrollen erst unter „Abbau" erfolgen.

Im Steinkohlenbergbau finden, abgesehen von den Rolllochabteilungen seigerer, in der Herstellung begriffener Aufbrüche, durchweg tonnlägige Stürzrollen Verwendung. Dieselben werden zweckmäßig mit einer Fahrabteilung versehen, damit etwaige Verstopfungen bequem und gefahrlos beseitigt werden können.

Der Ausbau ist je nach der Bestimmung der Rollen verschieden. Für die Kohlenförderung genügt eine leichte Abkleidung am Liegenden und Hangenden, um Verunreinigungen der Kohle zu verhüten. Bergerollen werden mit einer kräftigen Verschalung an allen 4 Seiten versehen, die aus Bohlen oder Rundhölzern hergestellt wird; ein Rollloch mit besonders kräftigem Ausbau aus Schachthölzern und starker Rundholzverschalung zeigt Fig. 371 auf S. 352. Bei flacherem Einfallen (25—30°) belegt man zur Erleichterung des Rutschens das Liegende mit Eisenblech oder verwendet halbkreisförmig gebogene Bleche wie die Rutschen der Firma Würfel & Neuhaus in Bochum. Diese letzteren Rutschen finden als geschlossene oder Lutten-Rutschen auch bei steiler Lagerung Verwendung.

b) Gang der Vorrichtungsarbeiten.

57. — **Allgemeine Gesichtspunkte.** Von besonderer Bedeutung ist eine regelrechte Vorrichtung für den Steinkohlenbergbau. Zunächst hat dieser es als Flözbergbau mit regelmäßigen Lagerstätten zu tun, welche eine gleichförmige Einteilung gestatten, während z. B. der Erzbergbau meist von der mehr oder weniger bauwürdigen Beschaffenheit der einzelnen Erzmittel abhängig ist. Ferner verlangt der verhältnismäßig schnelle Verhieb der Flöze und die Rücksicht auf den Gebirgsdruck, auf die den Wert der Kohlen beeinträchtigende Entgasung der letzteren, auf die Brandgefahr und auf die jeweilige Marktlage, welche in Zeiten großen Kohlenbedarfs eine genügend schnelle Vermehrung der Abbaubetriebe erfordert, daß die Vorrichtung dem Abbau genügend weit, aber auch nicht zu weit voraus ist, also jederzeit zu diesem in einem regelrechten Verhältnisse steht. Dazu kommt die Rücksicht auf eine gute Wetterführung, welche ebenfalls den Gang der Vorrichtung stark beeinflußt.

58. — **Größe der vorzurichtenden Bauabschnitte.** Die Größe der durch die Vorrichtungstrecken abgegrenzten Baufelder hängt in erster Linie von dem Flöz- und Gebirgsverhalten, in zweiter von der Rücksicht auf Förderung und Wetterführung ab. Die streichende Länge wird in mächtigen Flözen geringer genommen als in schmalen, weil der Gebirgsdruck sich in ersteren stärker bemerklich macht und ihr Verhieb langsamer vor sich geht. In druckhaftem Gebirge ist diese Länge wesentlich geringer als bei festem Nebengestein: während man in ersterem Falle zuweilen bis auf 40—50 m für einen Bauflügel heruntergehen muß, weil die Abbaustrecken sich nur kurze Zeit offen halten lassen, hängt bei festem Gebirge die Bemessung der Flügellänge vielfach nur von der Rücksicht auf die Schlepperförderung ab, welche über eine gewisse Länge hinaus unvorteilhaft wird, oder sie wird durch die Erwägung bestimmt, daß bei zu großer Länge der Bauabteilungen zu wenig Bauflügel in gleichzeitigen Betrieb genommen, also nicht genug Angriffspunkte geschaffen werden können; man geht hier häufig bis zu 200—300 m Länge. Flöze, welche zu Brand neigen, erfordern Baufelder von geringen Abmessungen. Einerseits kann dann der Abbau beendet sein, ehe der Brand ausbricht; so z. B. kennt man für verschiedene oberschlesische Kohlenflöze ziemlich genau den Zeitpunkt nach Eröffnung des Abbaus, in welchem der Brand auszubrechen pflegt. Anderseits sind bei kleinen Baufeldern auch die

Kohlenverluste und Betriebsstörungen, welche durch Abdämmung einer in Brand geratenen Abteilung entstehen, entsprechend gering.

Ähnliche Gesichtspunkte bestimmen die Bemessung der flachen Bauhöhe. Nimmt man diese zu groß, so ergibt sich ein zu langsamer Abbau wegen ungenügender Leistungsfähigkeit des Bremsbergs, der die gewonnenen Kohlen nicht schnell genug abfördern kann; infolgedessen erhält man dann auch große Unterhaltungskosten für Strecken und Bremsberge. Auch ist in diesem Falle die Wetterführung ungünstig, da der Wetterstrom sich auf seinem langen Wege von unten nach oben stark erwärmt und mit schädlichen Gasen anreichert. Wählt man umgekehrt die flache Höhe der einzelnen Bauabteilungen zu niedrig, d. h. legt man zu viele Teilsohlen zwischen der oberen und unteren Hauptfördersohle ein, so vermeidet man allerdings diese Übelstände, nutzt aber die Bremsberge nicht genügend aus und hat daher unverhältnismäßig hohe Ausgaben für Bremser- und Abnehmerlöhne.

Im Ruhrkohlenbezirk rechnet man im allgemeinen mit flachen Bauhöhen von 100—150 m.

59. — **Vorrichtung und Abbau.** Was das Verhältnis der Vorrichtung zum Abbau betrifft, so ist in erster Linie Wert darauf zu legen, daß jederzeit die Vorrichtung genügend weit gediehen ist, um nicht nur Stockungen des Abbaubetriebes zu vermeiden, sondern auch sich die Möglichkeit zu sichern, im Falle stärkerer Nachfrage schnell weitere Abbaubetriebe eröffnen zu können. Auf der anderen Seite muß im allgemeinen die Regel festgehalten werden, daß ein einmal in Angriff genommenes Flözstück ohne zu großen Zeitverlust verhauen werden kann. Man soll also mit der Vorrichtung einer Abteilung nicht eher beginnen, als bis man bestimmt weiß, daß bald nach beendigter Vorrichtung der

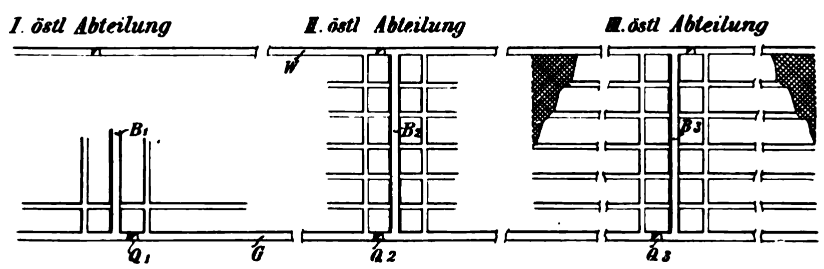


Fig. 329. Bauabteilungen mit beginnender und fortgeschrittener Vorrichtung und beginnendem Abbau.

vollständige Abbau folgen kann; andernfalls hat man mit großen Unterhaltungskosten für die Vorrichtungsbetriebe, mit Entwertung der Kohle durch Entgasung und Zerdrückung und mit der Gefahr der Selbstentzündung, bei vorzeitig begonnenem und nachher wieder unterbrochenem Abbau aber mit einer nachteiligen und kostspieligen Zersplitterung der Förderung zu rechnen.

Daher pflegt man im rheinisch-westfälischen Bergbau so vorzugehen, daß man während des Abbaus einer Bauabteilung nicht nur die benachbarte bereits vorrichtet, sondern auch in der daran anschließenden schon mit



dem Treiben der Vorrichtungstrecken beginnt. Besonders ist das erforderlich beim Abbau ohne Bergeversatz (Pfeilerbruchbau), bei welchem auch die Abbaustrecken vorher getrieben werden müssen, die Vorrichtung sich also bedeutend länger hinzieht (Fig. 320).

Besondere Aufmerksamkeit erheischt die Vorrichtung auf solchen Gruben, welche bestimmte Kohlensorten zu liefern oder einen umfangreichen Bergeversatzbetrieb zu berücksichtigen haben. So muß z. B. eine Grube mit Kokereibetrieb dafür sorgen, daß die Förderung an Kokskohlen einen gleichbleibenden Prozentsatz der Gesamtförderung ausmacht und demgemäß für entsprechende rechtzeitige Vorrichtung der Kokskohlenflöze Sorge tragen. Die allgemeine Durchführung des Bergeversatzes verlangt, daß immer genügend Bauabteilungen zur Verfügung stehen, um die Versatzberge aufnehmen zu können, anderseits aber auch eine genügende Kohlenmenge in Bauabteilungen mit eigenen Versatzbergen gewonnen wird.

III. Abbau.

A. Allgemeine Betrachtungen.

60. — Einleitung. Der Abbau der Lagerstätten, d. h. die Gewinnung der in den aufgeschlossenen und vorgerichteten Teilen der Lagerstätten anstehenden Mineralien, ist der Kernpunkt der bergmännischen Arbeiten.

Für die zweckmäßige Durchführung des Abbaus sind zahlreiche Erwägungen bestimmend. Auch hier ist es wieder der Kohlenbergbau, welcher ganz besondere Aufmerksamkeit fordert, nicht nur weil er mit Schwierigkeiten und Gefahren zu kämpfen hat, welche, wie Gebirgsdruck, Wärmeentwickelung, Schlagwetter-, Kohlenstaub- und Brandgefahr, Rücksicht auf Schonung der zu gewinnenden Mineralien, dem Erz- und Salzbergbau großenteils unbekannt sind, sondern auch wegen der außerordentlichen Mannigfaltigkeit seiner Flöz-, Gebirgs- und Lagerungsverhältnisse, welche eine entsprechende Mannigfaltigkeit von Abbauarten besonders im Steinkohlenbergbau herbeigeführt haben, während wir im Braunkohlen-, Erz- und Salzbergbau im allgemeinen ein bedeutend einförmigeres Bild finden.

61. — Allgemeine Gesichtspunkte für die Wahl des Abbauverfahrens. Von den Erwägungen, welche für die Wahl des jeweilig zweckmäßigsten Abbauverfahrens maßgebend sind, seien folgende als die wichtigsten angeführt.

Von besonderer Bedeutung ist naturgemäß die Wirtschaftlichkeit der Mineralgewinnung. Dazu gehört einerseits möglichste Herabdrückung der Gewinnungskosten an Löhnen und Materialverbrauch. Jedoch ist dabei falsche Sparsamkeit zu vermeiden und der Eigenart der gewonnenen Mineralien Rechnung zu tragen: eine Grube, deren Kohlen, wie das z. B. bei guten Hausbrandkohlen der Fall ist, als Stückkohlen einen unverhältnismäßig höheren Wert haben wie als Gruskohlen, muß vor allem auf eine Verringerung der Sturzhöhe im Abbau durch Einlegung einer größeren Anzahl streichender Förderstrecken oder andere Mittel Bedacht nehmen, obwohl dadurch die Gewinnungskosten

steigen; eine Grube, welche viel mit Bergschäden zu tun hat, darf auch größere Ausgaben für möglichst sorgfältige Ausfüllung der Abbauhohlräume nicht scheuen usw. — Anderseits erfordert ein wirtschaftlich geführter Betrieb auch eine möglichst vollständige Gewinnung der anstehenden Mineralien, und zwar in ununterbrochenem Verhieb, da von einer nachträglichen Mineralgewinnung in größtenteils abgebauten Lagerstätten in der Regel keine Rede mehr sein kann. Diese reine Ausgewinnung der Lagerstätten ist nach mehreren Richtungen hin von Vorteil. Zunächst schützt sie den Bergwerksbesitzer gegen vorzeitige Erschöpfung seines Grubenfeldes. Auch geht der Abbau auf diese Weise solange wie möglich in den oberen Teufen um, in welchen die günstigsten Verhältnisse herrschen, indem Wärme- und Gebirgsdruck noch gering und die Kosten für die Wasserhaltung und Förderung noch mäßig sind. Ferner verteilen sich die Kosten für die Gesteinsarbeiten auf eine größere Fördermenge, da durch die Ausrichtungsarbeiten für eine Sohle größere Mineralmengen aufgeschlossen werden. Allerdings ist dabei der gegenwärtige Gewinn vielfach bedeutend geringer als bei dem sog. „Raubbau", d. h. der rücksichtslosen Beschränkung des Abbaus auf die lohnendsten und am leichtesten gewinnbaren Lagerstätten und Lagerstättenteile; dafür aber hat der Raubbau nach kurzer Zeit abgewirtschaftet und seine gegenwärtigen Gewinne auf Kosten unverhältnismäßig großer zukünftiger Verluste erzielt.

Daß aber auch im volkswirtschaftlichen Interesse ein möglichst sparsames Haushalten mit den unterirdischen Reichtümern eines Landes von größter Bedeutung ist, braucht nicht erst bewiesen zu werden. Die gewaltig gesteigerten Verbrauchszahlen der vom Bergbau abhängigen Industrieen haben die Bergwerksbesitzer zur immer sorgfältigeren Beachtung dieses Gesichtspunktes gedrängt. So geht der englische Steinkohlenbergbau neuerdings mehr und mehr zur Gewinnung früher für unbauwürdig gehaltener Flöze über, und im Ruhrkohlenbezirk, der schon seit längerer Zeit auf größere Sparsamkeit bedacht gewesen ist, sind neuerdings auf zahlreichen Gruben die auf den höheren Sohlen früher übergangenen Flöze, soweit das möglich war, noch nachträglich in Angriff genommen worden, was u. a. durch Einführung verbesserter Abbauverfahren ermöglicht worden ist. Allerdings gelten diese Rücksichten nicht für alle Bergwerksbetriebe gleich zwingend: ist die Reichhaltigkeit des Vorkommens eines Minerals im Verhältnis zur Nachfrage nach demselben sehr groß, so läßt sich eine mit einigen Abbauverlusten arbeitende Gewinnung gegenüber einem vollständigeren, aber teureren Abbau rechtfertigen. In ähnlicher Lage befindet sich der deutsche Kalibergbau, der über Mineralschätze verfügt, welche im Vergleich zum Weltbedarf an Kalisalzen fast unerschöpflich genannt werden können; hier wird mit Recht und ohne daß von Raubbau gesprochen werden könnte, das Stehenlassen von Sicherheitspfeilern den anderen Verfahren zum Tragen des Hangenden vorgezogen, zumal ohne Sicherheitspfeiler dieser ganze Bergbau durch Wassereinbrüche zum Erliegen kommen könnte (siehe unten, S. 310).

Dazu kommen im Steinkohlenbergbau noch andere Gründe für den möglichst reinen Abbau. Die im Alten Mann oder in unverritzten Flözen zurückbleibenden Kohlenmengen erschweren und gefährden durch starke

Gasentwickelung den Betrieb; die Kohlen im Alten Mann insbesondere verursachen durch ihre Erwärmung infolge allmählicher Sauerstoffaufnahme vielfach Grubenbrände und haben in jedem Falle eine für die Abbaubetriebe schädliche Wärmeentwickelung zur Folge.

Wie oben bereits angedeutet, erheischt die vollständige Mineralgewinnung nicht nur den möglichst reinen Abbau der in Angriff genommenen, sondern auch die Inangriffnahme solcher Lagerstätten, deren Abbau nur wenig oder gar keinen Gewinn verspricht. Wo die untere Grenze hier zu ziehen ist, d. h. wo die Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte beginnt, läßt sich nur ungefähr bestimmen und ist auch je nach den Lohnverhältnissen und der Marktlage verschieden zu beantworten. Die zunächst als ausschlaggebend erscheinende Mächtigkeit steht, namentlich bei steilem Einfallen, oft erst in zweiter Linie.

Zu bedenken ist, daß Flöze auch dann noch bauwürdig sein können, wenn die Berechnung zeigt, daß ihr Abbau gar keinen Überschuß ergibt oder daß er sogar einen kleinen Zuschuß erfordert; dieser Fall kann dann vorliegen, wenn ein solches Flöz in Gesellschaft einer Anzahl bauwürdiger Flöze auftritt und so sein Abbau das Vordringen in größere Teufen verlangsamt, die Verteilung der Ausrichtungs-, Streckenförderungs- und Schachtförderkosten auf eine größere Kohlenmenge ermöglicht oder die Gewinnung von Kokskohle ohne Unterwerksbau, den Versatz überschüssiger Bergemengen, die Verwendung wiedergewonnener Zimmerung gestattet u. dergl.

Ferner muß der Abbau so geführt werden, daß die Arbeiter möglichst gesichert werden können sowohl gegen schädliche Gase und zu hohe Wärme, als auch gegen den Absturz überhängender Massen aus Lagerstätte und Nebengestein.

Außerdem ist auf die Tagesoberfläche Rücksicht zu nehmen. Je mehr Schaden eine Beschädigung derselben verursacht (z. B. je empfindlicher und wertvoller die Gebäude auf der Erdoberfläche sind), um so mehr Kosten können und müssen beim Abbau aufgewendet werden, um diese Schäden möglichst zu verringern. Manche Bergbaubetriebe sind allerdings zum Bruchbau, d. h. zum Hereinwerfen der Erdoberfläche (siehe unten), gezwungen, so daß über ihren Abbaugebieten die letztere überhaupt nicht bebaut werden darf.

Im Steinkohlenbergbau tritt überdies auch hier wieder die Gefahr einer Selbstentzündung der Kohle hinzu, der man nicht nur durch zweckentsprechende Einteilung der Baufelder, sondern auch durch Wahl geeigneter Abbauverfahren begegnen kann.

Auch die Marktlage ist auf die Gestaltung des Abbaus von Einfluß: je größer die Nachfrage nach einem Mineral ist, um so mehr muß der Abbau für die Gewinnung großer Mengen auf einmal eingerichtet werden; die dabei etwa entstehenden größeren Aufwendungen werden durch die mit der Nachfrage steigenden Preise ausgeglichen.

62. — **Rücksicht auf benachbarte Lagerstätten.** Für Bergwerksbetriebe, welche verschiedentlich mit mehreren dicht benachbarten Lagerstätten zu tun haben, wie das beim Steinkohlenbergbau der Fall ist, muß nicht nur die Frage eines geeigneten Abbauverfahrens für die einzelne Lagerstätte, sondern auch diejenige nach der zweckmäßigsten Reihenfolge

des Abbaus in den verschiedenen Lagerstätten beantwortet werden. Im allgemeinen gilt im Steinkohlenbergbau der Grundsatz, das hangende Flöz vor dem liegenden abzubauen, um den Abbau im ersteren den Bruchwirkungen des Abbaus im Nachbarflöz zu entziehen. Jedoch kommen manche Ausnahmen von dieser Regel vor: vielfach baut man, wenn ein Flöz mit gutem Hangenden harte Kohle führt, zunächst das darunter liegende, um durch den dabei entstehenden Gebirgsdruck den Abbau des ersteren Flözes zu erleichtern; beim bankweisen Abbau mit Bergeversatz in sehr mächtigen Flözen oder in einer von nur wenig mächtigen Bergmitteln durchsetzten Flözgruppe rückt meist der Verhieb der hangenden Bänke auf dem Versatz der liegenden zu Felde; der Abbau mit Spülversatz ermöglicht eine ganz beliebige Reihenfolge in der Inangriffnahme der einzelnen Flöze. Im übrigen braucht der Grundsatz, das hangendere Flöz zuerst zu bauen, um so weniger streng innegehalten zu werden, je steiler das Einfallen ist.

63. — **Rücksicht auf das Hangende in den Abbauhohlräumen. Haupteinteilung der Abbauarten.** Je nach der Rücksicht, welche man beim Abbau auf das Hangende nimmt, das man seiner Unterstützung beraubt, können verschiedene Hauptgruppen von Abbauverfahren unterschieden werden. Man kann nämlich das Hangende einfach hinter sich zu Bruch gehen lassen (Bruchbau) oder seine Senkung durch das Einbringen von Versatz mehr oder weniger abschwächen oder endlich durch Anstehenlassen genügend großer Teile der Lagerstätten zwischen den einzelnen Abbauräumen seinen ursprünglichen Zusammenhalt zu erhalten suchen (Abbau mit Bergfesten). Von den hiernach sich ergebenden verschiedenen Abbauarten wird man grundsätzlich stets diejenigen mit Bergeversatz zu bevorzugen haben, da sie bei nicht zu starker Störung des Zusammenhangs der hangenden Gebirgsschichten eine möglichst vollständige Ausgewinnung der Lagerstätten gestatten. Jedoch ist in vielen Fällen die Beschaffung oder Einbringung der erforderlichen Versatzmengen mit unverhältnismäßig hohen Kosten verknüpft; man wird sich dann für den Bruchbau oder den Abbau mit Stehenlassen von Bergfesten entscheiden müssen. Hieraus folgen im allgemeinen nachstehende Anhaltspunkte für die Bevorzugung des einen oder andern Grundgedankens:

Von den 4 Möglichkeiten, welche sich daraus ergeben, daß sowohl *mächtige* als auch *geringmächtige* Lagerstätten vorkommen, und daß diese beiden Arten sowohl in *flacher* als auch in *steiler* Lagerung auftreten können, *verlangt* das Zusammentreffen von steiler Lagerung mit großer Mächtigkeit den Abbau mit Versatz, wenn das abzubauende Mineral von wenig fester Beschaffenheit ist (wie z. B. Kohle), weil sonst der Abbau durch Hereinbrechen der Firste sowohl wie des Hangenden zu sehr gefährdet werden würde. Ferner ergibt sich in flachgelagerten Lagerstätten von geringer Mächtigkeit ein Abbau mit Versatz ohne weiteres dadurch, daß die beim Nachreißen von Strecken fallenden Berge durch Versetzen in den Abbauräumen am bequemsten und billigsten untergebracht werden.

In den beiden anderen Fällen — steile Lagerung bei geringer, flache Lagerung bei großer Mächtigkeit — wird man einen Abbau mit Versatz wählen, wenn dieser keine zu großen Kosten verursacht und geringe Gebirgs-



bewegungen über den Abbauräumen nicht von Belang sind, starke aber vermieden werden müssen. Im Vergleich zum Bruchbau wird man besonders in mächtigen Lagerstätten lieber mit Versatz abzubauen suchen, da hier die Folgen des Bruchbaus (große Hohlräume, welche zur Ansammlung schädlicher Gase Gelegenheit geben, und starke Gebirgsbewegungen) besonders scharf in Erscheinung treten. Sind die Selbstkosten beim Abbau mit Versatz im Verhältnis zum Werte der zu gewinnenden Mineralien zu hoch, so kommen die beiden anderen Abbaumöglichkeiten in Frage. Von diesen wird man dem Bruchbau den Vorzug geben, wenn das Nachbrechen des Hangenden nicht von erheblicher Bedeutung ist und man auf möglichst vollständige Gewinnung der anstehenden Mineralien Wert legt. Muß zur Sicherstellung des Bergbaubetriebes eine Beunruhigung des Hangenden unbedingt vermieden werden, wie das beim Abbau unter dem Meere oder bei der Gewinnung von wasserlöslichen Mineralien unter wasserreichem Deckgebirge der Fall ist, so kann nur unter Stehenlassen von Bergfesten abgebaut werden. Das letztere Verfahren kann außerdem wegen seiner Billigkeit dann den Vorzug verdienen, wenn wegen geringen Wertes oder, was auf dasselbe hinauskommt, wegen äußerst reichhaltiger Ablagerung des abzubauenden Minerals größere Abbauverluste ohne Bedenken in den Kauf genommen werden können. Die beiden letzteren Gesichtspunkte treffen für den deutschen Kalisalzbergbau zusammen, dessen leichtlösliche Salze vor dem Eindringen der Wasser des Deckgebirges sorgsam geschützt werden müssen und der anderseits über außerordentlich reiche Ablagerungen verfügt.

Übrigens lassen sich diese 3 Hauptgruppen von Abbauarten nicht ganz scharf trennen: die Einbringung von Versatz kann mehr oder weniger unvollständig erfolgen, so daß ein Abbau mit Versatz sich dem Bruchbau nähern kann; anderseits ergibt sich beim Bruchbau vielfach die Notwendigkeit, den Abbaubetrieb durch Anstehenlassen von Pfeilern oder Schweben in den Lagerstätten vorübergehend zu sichern, so daß hier Übergänge zum Abbau mit Bergfesten auftreten können. Auch kann bei letzterem Abbau noch außerdem Versatz eingebracht werden.

Beim Bruchbau sowohl wie beim Versatzbau läßt man vielfach größere Teile der Lagerstätten unverritzt anstehen, um Gefährdungen wichtiger Tagesgegenstände oder Grubenbaue zu verhüten; solche Bergfesten (Sicherheitspfeiler) haben dann aber mit der Abbauart als solcher nichts zu tun.

Im folgenden sollen die einzelnen Abbauverfahren der Reihe nach behandelt und dabei auch ihre besonderen Ausgestaltungen unter eigenartigen Verhältnissen besprochen werden; den Schluß des Abschnitts soll eine Besprechung der durch den Abbau verursachten Gebirgsbewegungen und der für die letztgenannten Sicherheitspfeiler mäßgebenden Erwägungen bilden.

B. Besprechung der einzelnen Abbauarten.

a) Abbauverfahren ohne Unterstützung des Hangenden.

64. — Der Pfeilerbau. Allgemeines. Von den hier in Betracht kommenden Abbauarten soll nur der Pfeilerbau als die weitaus wichtigste behandelt werden. Er hat seinen Namen daher, daß dem eigentlichen

Abbau eine Einteilung des Baufeldes in einzelne Pfeiler vorhergeht, welche durch das Auffahren einer größeren Zahl von Abbaustrecken gebildet werden. Das vorgängige Treiben der Strecken ist erforderlich, weil man den alten Mann zu Bruche gehen läßt und deshalb nicht zwischen Abbau und Hauptförderweg liegen lassen kann, sondern hinter sich lassen, d. h. mit dem Abbau an der Grenze des Baufeldes beginnen muß. Da man beim Pfeilerbau das Hangende zu Bruch gehen läßt, nennt man ihn auch „Pfeilerbruchbau"; außerdem wird er wegen des Beginns des Abbaus an der Baugrenze auch als „Pfeilerrückbau" bezeichnet. Beim Pfeilerbau sind nach dem Vorstehenden 2 scharf getrennte Abschnitte: das Treiben der Abbaustrecken einerseits und der Rückbau der Pfeiler anderseits, zu unterscheiden.

Die Anwendung des Pfeilerbaus ist im großen und ganzen auf den Stein- und Braunkohlenbergbau beschränkt.

Eine verschiedenartige Ausgestaltung des Pfeilerbaus ergibt sich, je nachdem es sich um Lagerstätten von beliebigem Neigungswinkel mit geringer oder mittlerer Mächtigkeit oder um flachgelagerte, sehr mächtige Flöze handelt. Die ersteren Bedingungen liegen z. B. im rheinisch-westfälischen, im Saarbrücker und im niederschlesischen Steinkohlenbergbau vor, während die letztgenannten Verhältnisse im oberschlesischen Steinkohlenbergbau (Sattelflözgruppe) und im deutschen Braunkohlenbergbau überwiegen, wo Mächtigkeiten von 10 m und darüber keine Seltenheit sind. Auf den mäßig mächtigen Flözen werden durch die Vorrichtungstrecken lange Pfeiler gebildet, deren Verhieb in gleichmäßiger Weise ununterbrochen von der Baugrenze aus fortschreitet; hinter dem Abbaustoß geht das Hangende nach und nach zu Bruch, so daß der Bruch dem Abbau in einer je nach der Festigkeit des Hangenden verschieden großen Entfernung nachfolgt. Auf den mächtigen, flachliegenden Flözen dagegen werden die Pfeiler wieder in einzelne Abschnitte (Brüche) eingeteilt und jedesmal nach Auskohlung eines Abschnitts dessen Hangendes zu Bruch geworfen, ehe zur Gewinnung des nächsten Abschnitts übergegangen wird.

1. Der Pfeilerbau mit gleichmäßig fortschreitendem Verhieb.

65. — Einteilung. Bei dieser Art des Pfeilerbaus unterscheidet man den streichenden, schwebenden und diagonalen Pfeilerbau, je nachdem die Strecken in streichender, schwebender oder diagonaler Richtung aufgefahren werden.

Der streichende Pfeilerbau.

66. — Einteilung des Baufeldes. Bevor man mit dem Auffahren der Vorrichtung- oder Abbaustrecken beginnt, muß man sich über die zweckmäßige Einteilung des Baufeldes, d. h. über die Zahl der Strecken oder, was auf dasselbe hinauskommt, über die Stärke der Pfeiler klar werden. Bei nicht sehr festem Hangenden ist auf möglichste Beschränkung der Zahl der Abbaustrecken zu sehen, da diese wegen der geringen Hauerleistung und großen Unterhaltungskosten den Betrieb verteuern, auch den Gebirgsdruck vorzeitig rege machen. Im übrigen sind bei flacher Lagerung größere Pfeilerstärken als bei steiler, in Flözen von geringer Mächtigkeit größere Pfeilerstärken als in mächtigeren Flözen zu wählen. Bei flacher Lagerung



nämlich wächst mit zunehmender Pfeilerhöhe weder die Stein- und Kohlenfallgefahr in entsprechendem Maße, noch auch tritt eine weitergehende Zerkleinerung der Kohlen ein, während bei steilem Einfallen das Gegenteil der Fall ist. In dünnen Flözen aber wirken schon die durch den „Bahnbruch" wesentlich erhöhten Kosten der Abbaustrecken auf eine Verringerung derselben, d. h. auf größere Pfeilerstärken hin; auch werden bei steiler Lagerung die Hauer bedeutend weniger in dünnen als in mächtigen Flözen durch Kohlenfall aus überhängenden Stößen gefährdet, so daß größere Pfeilerhöhen in dünnen Flözen nicht bedenklich sind. Jedoch ist auch die Rücksicht auf die Kohlenförderung aus dem Abbau bis zur nächsten Strecke maßgebend: ist in flach geneigten Flözen die Mächtigkeit im Vergleich zur Höhe der auf der Grube benutzten Förderwagen genügend groß, so steht nach dieser Hinsicht einer reichlichen Bemessung der Pfeilerstärke nichts entgegen, da die Förderung bei ganz flachem Einfallen durch Schlepper, bei etwas stärkerer Neigung durch „fliegende Bremsen" (s. u.) in bequemer Weise erfolgen kann. In dünnen Flözen von geringer Neigung dagegen wird das Fortschaffen der Kohlen bis zu den Strecken so mühsam, daß man mit Rücksicht hierauf die Höhen der Pfeiler beschränken muß. Bei steiler Lagerung wiederum haben größere Pfeilerhöhen eine unerwünschte Staub- und Gruskohlenbildung beim Fall der Kohle bis zur Strecke zur Folge.

67. — **Das Treiben der Vorrichtungstrecken.** Um gleichmäßige und sich nicht verschiebende Betriebsbedingungen beim Rückbau der Pfeiler zu erhalten, ist auf gleichbleibende Stärke der Pfeiler, d. h. auf parallelen Verlauf der Abbaustrecken besonderer Wert zu legen. Bei steilem Einfallen macht das keine Schwierigkeiten. In flachgelagerten Flözen dagegen ist Vorsicht erforderlich. Die Innehaltung eines gleichmäßigen Ansteigens mit Hilfe der Setzwage gewährt hier bei quellendem Liegenden keine genügende Sicherheit, da geringe Fehler im Ansteigen schon starke Abweichungen der Strecken zur Folge haben können; Fig. 330 zeigt, wie bei einem Einfallen von 5° ein Fehler von nur 30 cm bereits eine Abweichung der Strecke a_1 von rund 3,4 m nach a_2 nach sich zieht. Es muß also genau „nach der Stunde" aufgefahren werden. Auch dieses Mittel aber versagt, wenn kleine „Wellen" in der Flözebene auftreten, weil dann das geradlinige Auffahren zu starken Ungleichmäßigkeiten im Gefälle nötigen würde. Man muß sich dann dadurch helfen, daß man durch Vermittelung von Diagonalstrecken 2 Abbaustrecken zu einer zusammenzieht (wenn das Einfallen steiler wird) oder

Fig. 330. Bedeutung des gleichmäßigen Ansteigens bei flacher Lagerung.

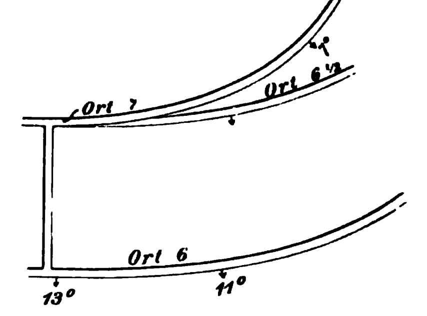


Fig. 331. Teilung einer Strecke bei Abnahme des Fallwinkels.

von einer Abbaustrecke eine zweite abzweigt (wenn die Neigung abnimmt), Fig. 331. Zweckmäßig wird bei flacher Lagerung an jedem Durchhieb die Pfeilerstärke gemessen, damit danach die erforderlichen Maßregeln getroffen werden können.

Da der Verhieb beim Rückbau mit dem obersten Pfeiler beginnt, so muß die oberste Strecke auch zuerst die Baugrenze erreichen; die übrigen sollen in solchen Abständen nachfolgen, daß auf jeder Strecke sofort nach Ankunft an der Baugrenze mit dem „Pfeilern“ begonnen werden kann, dabei aber angemessene Abstände zwischen den einzelnen Pfeilerstößen bleiben (Fig. 332).

Im übrigen ist beim Auffahren der Vorrichtungstrecken besonders die Bewetterung von Bedeutung, weil diese Strecken in das unverritzte

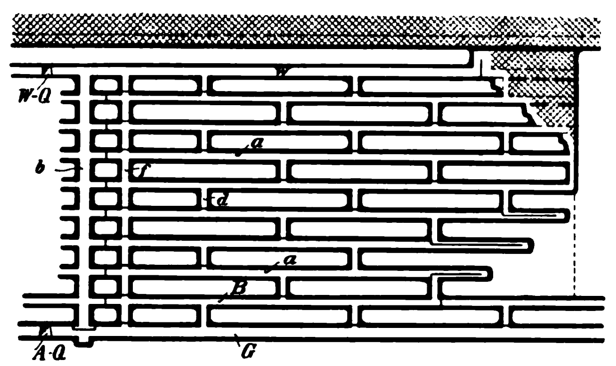


Fig. 332. Schema des Streckenbetriebes und Abbaus beim streichenden Pfeilerbau. *G* Grundstrecke, *B* Begleitort, *A-Q* Abteilungsquerschlag, *W-Q* Wetterquerschlag, *b* Bremsberg, *f* Fahrüberhauen, *w* Wetterstrecke, *aa* Abbaustrecken, *dd* Durchhiebe.

Feld hineingetrieben werden. Die älteste und einfachste Art der Bewetterung ist die aus Fig. 332 ersichtliche mit Durchhieben *d*, welche in regelmäßigen Abständen zwischen je 2 Strecken hergestellt und, wenn entbehrlich, abgeblendet werden und von denen aus in schlagwettergefährlichen Flözen Wetterscheider oder -Lutten bis vor Ort nachgeführt werden müssen. Im übrigen muß bezüglich der Bewetterung der Abbaustrecken auf den Abschnitt „Grubenbewetterung“ verwiesen werden.

Die beim Treiben der Vorrichtungstrecken etwa fallenden Berge werden zweckmäßig in einem „Bergedamm“ untergebracht, für welchen durch „Breithauen“ der Strecken Platz geschaffen wird; man kann dann (ähnlich wie in Fig. 310 auf S. 292) an der unteren Grenze eines jeden Dammes eine Wetterrösche mitführen und an den letzten Durchhieb anschließen, so daß Wetterscheider oder -Lutten entbehrlich werden.

68. — Vorrichtung unter günstigen Verhältnissen. Eine besondere Ausbildung des Vorrichtungbetriebes ergibt sich in mächtigen, flach gelagerten Lagerstätten mit gutem Hangenden dadurch, daß man die Strecken ganz oder nahezu in der Breite der Pfeiler auffährt, wie das besonders im amerikanischen Steinkohlenbergbau und im Minette-Bergbau Lothringens der Fall ist (vergl. die Figuren 333 und 334). Man erzielt

bei dieser Betriebsweise im Streckenbetriebe annähernd die gleiche Hauerleistung wie beim Abbau. Die Breite der Strecken und Pfeiler hängt dann lediglich von der Rücksicht auf das Verhalten des Hangenden ab, für welches auch die Dauer des Abbaus, d. h. die Länge der Bauabteilungen, von Bedeutung ist. Da die Kosten der Bremsberge, soweit überhaupt der Fallwinkel solche erfordert, und der Bremsbergförderung unter solchen Lagerungsverhältnissen niedrig sind, so können die Abteilungen verkürzt und infolgedessen wegen beschleunigten Abbaus die Strecken in ziemlich großer Breite (im Minette-Bezirk z. B. meist 8 m breit) aufgefahren werden. Zum Schutze der

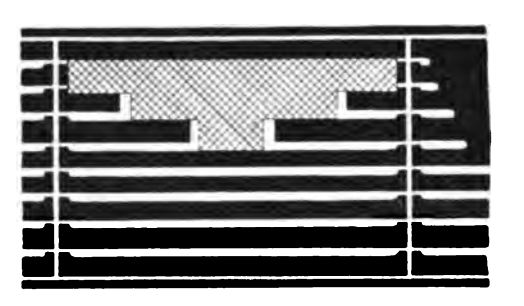


Fig. 333. Pfeilerbau in flachliegenden, mächtigeren Steinkohlenflözen mit festem Hangenden.

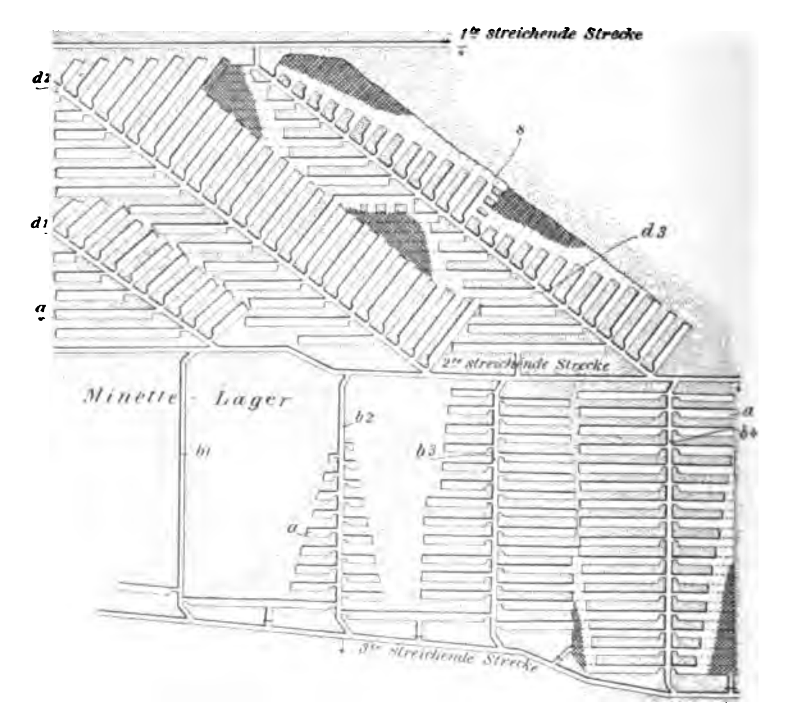


Fig. 334.[1]) Pfeilerbau der Minettegrube Moltke bei Algringen.

Bremsberge oder sonstigen Hauptförderwege werden in deren Nachbarschaft auf etwa 5—10 m die Strecken schmaler (2—3 m breit) aufgefahren.

[1]) Nach Dr. Ahlburg, Glückauf 1906, S. 1545.

69. — Der Rückbau der Pfeiler. Der Rückbau der Pfeiler muß mit dem obersten Pfeiler beginnen, damit die Abbaustrecken, soweit sie noch zur Förderung dienen, beiderseits vom festen Kohlenstoß begrenzt sind und außerdem die Hauer der oberen Pfeiler möglichst wenig durch schädliche Gase aus dem Alten Mann der unteren belästigt und gefährdet werden. Die unteren Pfeiler läßt man dann in Abständen von etwa 5—10 m nachfolgen. Bei steilerer Lagerung muß jeder Pfeiler gegen Steinfall aus dem zu Bruche gehenden Alten Mann über ihm gesichert werden. Das geschieht meist durch Anstehenlassen einer Kohlenschwebe (in Westfalen „Strang" genannt) am oberen Rande eines jeden Pfeilers. Dieselbe wird durchschnittlich etwa 1 m stark genommen, muß jedoch naturgemäß um so stärker sein, je steiler das Flöz steht, je größer seine Mächtigkeit und je mürber die Kohle ist. Nach unten hin muß sie sicher abgefangen werden. In nicht zu großen Abständen (etwa alle 5 m) werden in der Schwebe Durchbrüche für den Wetterzug hergestellt (Fig. 332). Wegen der großen Kohlenverluste, welche das Anstehenlassen der Schweben namentlich bei größerer Flözmächtigkeit mit sich bringt, ersetzt man sie verschiedentlich durch einen starken Stempelschlag, welcher von jeder Kameradschaft für den nächstunteren Pfeiler, also in der Sohle ihrer Abbaustrecke, eingebracht wird.

70. — Verhiebarten. Die Art und Weise des Verhiebes der einzelnen Pfeiler wird durch Fig. 335 veranschaulicht. Man kann den Abbaustoß unten oder oben vorgehen lassen, ihn streichend, schwebend oder abfallend angreifen und in seiner ganzen Breite gleichmäßig oder mit einzelnen Absätzen vorgehen.

Die Neigung, welche man dem Stoß, im ganzen betrachtet, gibt, hängt zunächst von dem Verlauf der Schlechten (Ablösungen) in der Kohle ab, da ein senkrecht gegen dieselben gerichtetes Vorgehen, d. h. eine den Schlechten parallel gerichtete Stoßstellung, die Gewinnung wesentlich erleichtert (siehe die Figur). Diese Rücksichtnahme verlangt naturgemäß bei zweiflügeligem Betriebe eine entgegengesetzte Stoßstellung auf beiden Flügeln, indem der Stoß auf dem einen Flügel oben, auf dem andern unten vorgesetzt werden muß.

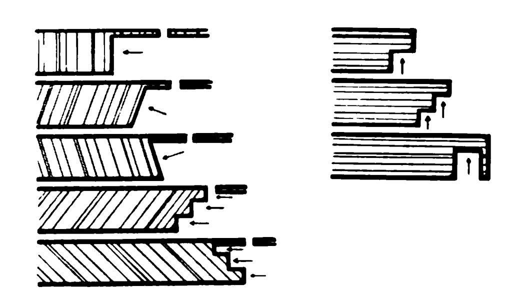


Fig. 335. Verschiedene Verhiebarten beim Pfeilerbau. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des Verhiebs, die dünnen Linien die Schlechten.

Jedoch ist bei steilerer Lagerung die Befolgung dieser Regel vielfach nicht ratsam: in steilstehenden mächtigen Flözen empfiehlt sich Voranstellung des Stoßes am oberen Ende, um nicht nur eine Gefährdung der Hauer durch Kohlenfall zu verhüten, sondern ihnen auch einen bequemen Einbau der schweren Zimmerung von einem sicheren Standpunkte aus zu ermöglichen. Anderseits ist ja auch in solchen Fällen die Bedeutung der Schlechten nur gering. — Ist das Hangende unzuverlässig, so ist wiederum

die Voranstellung unten vorzuziehen, um eine Abschließung der Hauer beim Zubruchgehen des Hangenden zu verhüten. Jedoch hilft man sich in steilstehenden mächtigen Flözen auch wohl durch Vortreiben eines sog. „Rettungsortes“ (Fig. 336), d. h. einer Strecke *r* unter der Schwebe, welche immer bis zum nächsten Durchhieb *d* vorgetrieben wird und so einen Fluchtweg bildet, außerdem aber auch ein bequemes und sicheres Abfangen der Schwebe gestattet.

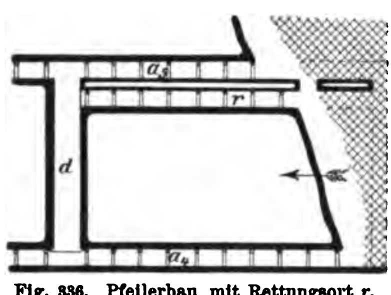


Fig. 336. Pfeilerbau mit Rettungsort *r*. $a_4 a_5$ Abbaustrecken.

Der schwebende Verhieb (Fig. 335, rechts) eignet sich für flachere Flözneigung. Er wird in erster Linie bei streichendem Verlauf der Schlechten angewandt; im übrigen bietet er aber auch den Vorteil, daß der Hauer den alten Mann nicht hinter sich, sondern neben sich hat, also besser beobachten kann; auch ist bei schwebendem Verhieb die Förderung aus hohen Pfeilern insofern etwas bequemer, als das Gestänge im Abbau immer nur stückweise verlängert zu werden braucht, während es bei streichendem Verhieb im ganzen nachgerückt werden muß und mittlerweile der Abbaustoß sich immer weiter vom Gestänge entfernt.

Die Bildung mehrerer Absätze (Fig. 335, unten) erfolgt vorzugsweise bei steilem Einfallen, um mehrere Angriffspunkte zu schaffen.

Auf die letzte Verhiebart in Fig. 335 (vorläufiges Anstehenlassen eines „Beines“ gegen den Alten Mann) wird unten (Ziff. 81) näher eingegangen werden.

71. — **Sicherheitspfeiler.** Der Grundstreckenpfeiler (Sohlenpfeiler) wird, falls er nicht schon (siehe oben) mit Bergeversatz zu Felde geführt ist, zum Schutz der Grundstrecke einstweilen stehen gelassen, da diese später noch als Wetterabzugstrecke dienen muß. Daher muß beim Abbau eines Baufeldes auch der Sohlenpfeiler über der Wetterstrecke (*W* in Fig. 332 auf S. 313) mitgenommen werden, was nach der Figur mit abfallender Wetterführung unter Benutzung eines Wetterscheiders geschieht.

Geht ein Pfeilerabschnitt zu Bruch, so muß ein Streifen Kohle gegen ihn hin anstehen gelassen und dahinter von neuem in der Kohle hochgebrochen werden; man sucht dann nach Möglichkeit diesen Streifen von rückwärts her noch zu gewinnen.

Nach Beendigung des Abbaus einer Bauabteilung wird der zum Schutze des Bremsbergs stehen gebliebene Sicherheitspfeiler (falls nicht der Bremsberg von vornherein in Versatz gesetzt war) noch soweit wie möglich gewonnen. In den meisten Fällen kann allerdings wegen des mittlerweile aufs Höchste gestiegenen Gebirgsdrucks nur ein Teil dieser Pfeilerstücke gewonnen werden; nicht selten muß man sogar auf die Gewinnung überhaupt verzichten.

Würde der Bremsberg oder das Fahrüberhauen nicht in seinem oberen Teile noch als Wetterabzugweg erhalten bleiben müssen, so könnte sich gleich auf jedem Ort an den Abbau des Pfeilers die Gewinnung des zu-

gehörigen Stückes des Bremsbergpfeilers anschließen. — Die Bremse kann nach und nach stückweise tiefer gesetzt werden.

Der schwebende Pfeilerbau.

72. — **Gewöhnliches Verfahren.** Beim schwebenden Pfeilerbau werden die Vorrichtungstrecken schwebend aufgefahren und sodann die Pfeiler abfallend zurückgebaut.

Dieses Abbauverfahren ist in erster Linie für flache Lagerung bestimmt; bei steilem Einfallen findet es nur ausnahmsweise und in anderer Ausgestaltung Anwendung.

Dem Hochbringen der einzelnen schwebenden Abbaustrecken geht in schlagwettergefährlichen Flözen, wie beim streichenden Pfeilerbau, die Herstellung eines Wetterdurchhiebes bis zur oberen Sohle oder Teilsohle voraus. Die Bewetterung beim Streckenvortrieb erfolgt mit Hilfe

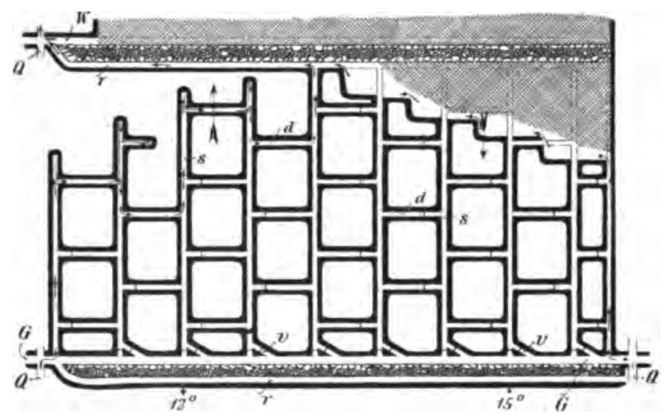


Fig. 337. Schema des schwebenden Pfeilerbaues.

streichender Durchhiebe (*d* in Fig. 337). In den Strecken kann bei genügend flacher Flözlage Schlepperförderung umgehen; bei stärkerer Neigung werden kleine „fliegende Bremsen" mitgenommen, die auch nachher für die Förderung aus dem Abbau Verwendung finden. An die Grundstrecke werden die einzelnen Förderstrecken bei nahezu söhliger Lagerung durch einfache Kranzplatten, bei Bremsförderung durch kleine Diagonalen (*v* in der Figur) angeschlossen.

Da bei flacher Lagerung nicht mit unterlaufendem Gegengewicht gefördert werden kann, so müssen die einzelnen Strecken für den Bremsbetrieb doppelspurig aufgefahren werden.

Beim schwebenden Pfeilerbau liegen, sobald der Rückbau begonnen hat, die nach unten hin vorrückenden Abbaubetriebe neben den schwebend hochrückenden Streckenbetrieben. Soll daher, wie das in Schlagwettergruben die Regel bildet, eine Abwärtsführung des Wetterstromes vermieden werden, so muß nach Eröffnung des Rückbaus eine Teilung des Wetterstromes für Strecken und Pfeiler erfolgen (siehe die Figur). Da der Wetterstrom nicht durch nachrückenden Bergeversatz zusammen gehalten

wird, kann er nur dadurch einigermaßen zum Bestreichen der Stöße gezwungen werden, daß der Wetterquerschlag oder das Wetterüberhauen auf der oberen Sohle an die vordere Grenze der Bauabteilung zu liegen kommt (s. die Figur).

Um mit möglichst wenig Strecken auskommen und doch die Kohlen möglichst bequem aus dem Abbau zu den Strecken bringen zu können, greift man zweckmäßig den Abbaustoß so an, daß jede Strecke in der Mittellinie des zugehörigen Pfeilers liegt.

73. — **Besondere Ausgestaltung des schwebenden Pfeilerbaus.** Eine Abart[1]) des schwebenden Pfeilerbaus, die seine Anwendung in steilstehenden Flözen ermöglicht, stellt Fig. 338 dar. An die Stelle der Bremsstrecken treten hier Rolllöcher, zu welchen die Überhauen der Reihe nach eingerichtet werden. Die Überhauen werden durch streichende Durchhiebe verbunden und die so gebildeten Pfeilerstücke in der Reihenfolge von oben nach unten hin verhauen. Der Abbau eignet sich nur für wenig mächtige Flöze mit festem Nebengestein und ohne Schlagwetterentwickelung.

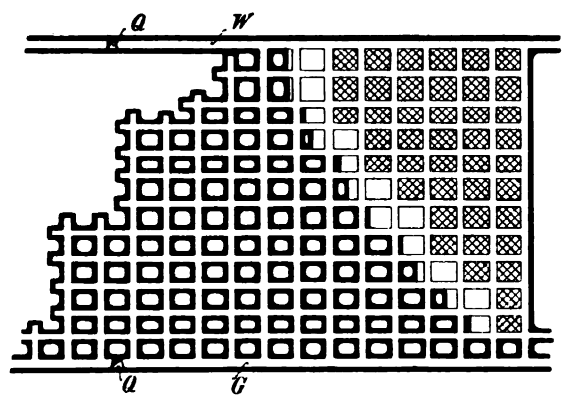


Fig. 338. Schwebender Pfeilerbau bei steilem Einfallen.

74. — **Anwendung des schwebenden Pfeilerbaus.** Der Grund zu einer Bevorzugung des schwebenden Pfeilerbaus vor dem streichenden liegt verschiedentlich in dem Verlauf der Schlechten in der Kohle. Im übrigen ergibt sich häufig durch geringfügige „Wellen“ im Flöz ohne weiteres ein Übergang vom streichenden zum schwebenden oder diagonalen (s. d.) Pfeilerbau und umgekehrt, falls man die Abbaustrecken ohne Berücksichtigung der kleinen Änderungen im Einfallen geradeaus treiben will. Der schwebende Pfeilerbau nach Fig. 338 ist wegen seiner größeren Billigkeit und der Geringwertigkeit der Kohle des betreffenden Flözes an die Stelle des streichenden Abbaus gesetzt worden.

Der diagonale Pfeilerbau.

75. — **Wesen und Anwendung.** Der diagonale Pfeilerbau ist durch die zwischen Streichen und Einfallen annähernd die Mitte haltende Richtung seiner Abbaustrecken gekennzeichnet. Er wird bei so flachem Einfallen angewendet, daß in den Diagonalen noch durch Schlepper gefördert werden kann. Wegen seiner geringen Bedeutung braucht nicht weiter auf ihn eingegangen zu werden. Für die Gründe, welche zur Anwendung dieses besonderen Verfahrens führen können, gilt das beim schwebenden Pfeilerbau Ausgeführte.

[1]) Trainer im Sammelwerk, Bd. II, S. 151.

76. — Abart des diagonalen Pfeilerbaus. Eine besondere Ausbildung des diagonalen Pfeilerbaus wird durch Fig. 334 auf S. 314 veranschaulicht. Hier sind über der 2. streichenden Strecke die Hauptförderstrecken d_1—d_3 in Abständen von je 200 m als Diagonalen aufgefahren und von ihnen aus die breiten Abbaustrecken am Unterstoß (*a*) streichend, am Oberstoß diagonal vorgetrieben. Durch diese Richtung der letzteren Strecken wird die Rückförderung, die sich bei streichendem Verlauf derselben ergeben würde, auf ein möglichst geringes Maß herabgedrückt. Die flache Höhe zwischen der 1. und 2. streichenden Strecke ist durch die stehenbleibenden Sicherheitspfeiler *s* geteilt, welche mit dem Rückbau der oberen Hälfte der Pfeiler gleichzeitig den der unteren in Angriff zu nehmen gestatten.

Beurteilung des Pfeilerbaus mit ununterbrochenem Verhieb und seiner verschiedenen Formen.

77. — Vorzüge und Nachteile des Pfeilerbaus. Ein Vorzug des Pfeilerbaus ist seine allgemeine Anwendbarkeit in allen solchen Lagerstätten, in welchen nicht reichlicher Bergefall oder die Notwendigkeit, die Hohlräume auszufüllen, ohne weiteres zum Abbau mit Versatz nötigen. Er kann in mächtigen sowohl wie in dünnen, in flachliegenden sowohl wie in steil aufgerichteten Lagerstätten, bei guten sowohl wie bei schlechten Nebengesteinsverhältnissen, im Kohlenbergbau außerdem sowohl in Flözen mit wie in solchen ohne Bergmittel oder Nachfall angewendet werden, da er sich all diesen verschiedenartigen Bedingungen durch entsprechende Ausgestaltung (größere oder kleinere Abmessungen der Baufelder und einzelnen Pfeiler, streichenden oder schwebenden Verhieb usw.) anpassen läßt und von der Zuführung „fremder" Berge nicht abhängt, ohne deshalb das Versetzen von mäßigen Mengen „eigener" Berge an Ort und Stelle auszuschließen.

Auf der anderen Seite sind aber schwerwiegende Nachteile nicht zu verkennen. Zunächst bringt der Pfeilerbau eine Reihe von Kohlenverlusten mit sich. Diese ergeben sich aus dem Anstehenlassen von Bremsberg- und Grundstrecken-Sicherheitspfeilern — bei steilem Einfallen auch aus dem Stehenbleiben von Schweben — schon bei ganz regelmäßigem Betriebe, können aber vielfach durch vorzeitiges Zubruchgehen von Pfeilerabschnitten oder durch starken Gebirgsdruck, welcher zum Preisgeben von größeren oder geringeren Teilen von Bauabteilungen zwingen kann, noch wesentlich gesteigert werden. Daher ist ein Zurückbleiben von ca. 20 p. Ct. der anstehenden Kohle im alten Mann häufig zu verzeichnen, vielfach aber mit einem Verlust von 30 p. Ct. und darüber zu rechnen. Auf die schädlichen Wirkungen dieser Abbauverluste, welche nicht nur eine wesentliche Schmälerung des Privat- und des Nationalvermögens bedeuten, sondern auch durch die Wärme- und Gasentwickelung im alten Mann den Betrieb erschweren, belästigen und gefährden, ist bereits oben (S. 307 u. f.) hingewiesen worden. — Dazu kommt die ungünstige Wirkung der offen stehenden oder doch nur teilweise durch Zubruchgehen des Hangenden ausgefüllten, ausgedehnten Hohlräume; diese geben dem frischen Wetterstrom Gelegenheit, sich zu zerstreuen, und bilden große Sammelbehälter für schädliche Gase,



welche namentlich bei plötzlichen Barometerstürzen und bei dem plötzlichen Zubruchgehen größerer Hohlräume in Masse den belegten Bauen zuströmen und so eine ständige Bedrohung derselben bilden. — Außerdem sind hier die mehr oder weniger schweren Beschädigungen an der Erdoberfläche in Rechnung zu stellen, welche um so mehr ins Gewicht fallen, als gerade Kohlenbergbaugebiete sich durch eine sehr dichte Besiedelung und Bebauung auszuzeichnen pflegen. Die schädlichen Wirkungen der stärkeren Gebirgsbewegung durch den Pfeilerbau, welcher das Gebirge in lauter einzelne „Schollen“ zerbrechen läßt, machen sich auch in der Grube selbst bemerkbar, indem der allgemeine Gebirgsdruck auf die verschiedenen Baue sich stark äußert und namentlich auf den tieferen Sohlen immer mehr in Erscheinung tritt. — Ein weiterer Übelstand ist die Verschlechterung der Kohle, welche infolge der dem Abbau vorhergehenden vielfachen Durchörterung mit Strecken und Durchhieben nicht nur reichliche Gelegenheit zur Entgasung erhält, sondern auch durch den auf den einzelnen Pfeilern lastenden und stets wachsenden Gebirgsdruck mürbe gemacht und so in ihrem Stückkohlengehalt wesentlich beeinträchtigt wird. Allerdings gibt es in dieser Beziehung auch Ausnahmen: in sehr schlagwetterreichen Flözen kann die dem Abbau vorhergehende Entgasung, in Flözen mit festem Hangenden und harter Kohle die Entfesselung des Gebirgsdruckes, welcher die Gewinnung erleichtert, bis zu einem gewissen Grade erwünscht sein.

78. — **Wirtschaftlichkeit des Pfeilerbaus.** Was die Höhe der Selbstkosten beim Pfeilerbau im Vergleich zu anderen Abbauverfahren betrifft, so ist diese Frage, sofern nur die unmittelbaren, nicht die mittelbaren (durch Abbauverluste, Bergschäden usw. verursachten) Kosten berücksichtigt werden sollen, nicht ohne weiteres zu beantworten. Jedoch würde es falsch sein, den Pfeilerbau stets aus dem Grunde für billiger zu halten als einen Abbau mit Bergeversatz, weil beim Pfeilerbau die durch die Beschaffung von Versatzbergen und durch die Ausführung der Versatzarbeit verursachten Kosten für Löhne und Einrichtungen wegfallen. Vielmehr sind diesen Ausgaben gegenüber zu Lasten des Pfeilerbaus in Rechnung zu stellen: die geringe Hauerleistung beim Auffahren der Strecken, welche diese Art der Kohlengewinnung sehr verteuert, die höheren Förderkosten (auf die Masseneinheit berechnet), welche sich während der Vorrichtung infolge der geringeren Kohlenlieferung ergeben, und die Kosten für die Unterhaltung der Strecken und Bremsberge, welche bedeutend länger als beim Abbau mit Versatz offen bleiben müssen, sowie die größeren Holzkosten, welche dadurch erwachsen, daß eine Wiedergewinnung des Holzes meist nicht möglich ist. Daher werden in vielen Fällen, wenn die Beschaffung von Versatzbergen nicht besonders teuer ist, schon die Selbstkosten beim Pfeilerbau an und für sich höher sein als diejenigen des Bergeversatzbaus.

Wesentlich ungünstiger aber gestaltet sich die Beurteilung des Pfeilerbaus, wenn man auch seine mittelbaren Nachteile, denen ebensoviele Vorzüge des Abbaus mit Bergeversatz entsprechen, in Betracht zieht, wobei sich allerdings die Schwierigkeit ergibt, daß diese Nachteile sich vielfach nicht zahlenmäßig, auf die Tonne Förderung berechnet, ausdrücken

lassen. Zunächst ist hier die Förderung der Berge bis zu Tage zu nennen, welche einen Teil der Strecken- und Schachtförderkräfte der nutzbaren Arbeit entzieht, über Tage aber große Kosten in Gestalt des mit der zunehmenden Besiedelung der Umgegend stets teurer werdenden Grunderwerbs, sowie in Gestalt der Ausgaben für Bergeaufzüge und -Stürzvorrichtungen, Bergeschlepper, Pferde und Motoren zur Bergeförderung und schließlich auch für Schutzmaßregeln gegen Abrutschen und Selbstentzündung der Bergehalden nach sich zieht. Weiterhin sind es die Bergschäden, welche große Summen verschlingen. Ferner verteilen sich infolge der großen Kohlenverluste dieselben Betriebsausgaben auf eine geringere Kohlenmenge, was die geförderte Masseneinheit entsprechend verteuert. Auch muß die Verringerung der Hauerleistung infolge der größeren Erwärmung und schlechteren Bewetterung der Abbaubetriebe in Rechnung gestellt werden.

Alles in allem ergibt sich sonach, daß auch hinsichtlich der Gestehungskosten in den meisten Fällen der Pfeilerbau dem Abbau mit Bergeversatz nachsteht.

Dennoch wird wahrscheinlich der Pfeilerbau in vielen Fällen das Feld behaupten, nämlich dann, wenn günstige Gesteinsverhältnisse die Kohlenverluste verringern, die Schlagwettergefahr und Wärmeentwickelung unerheblich, die Bergschädenkosten wegen geringer Besiedelung des nicht im Grubenbesitz befindlichen Geländes geringfügig sind, anderseits aber die Beschaffung von Bergen (z. B. wegen abgelegener Lage der Abbaubetriebe oder wegen Erschöpfung der alten Bergehalden) teuer sein würde.

Diese Beurteilung des Pfeilerbaus trifft jedoch nicht zu, wenn der Abbau unter so günstigen Verhältnissen, wie sie im Falle der Figuren 333 und 334 vorliegen, geführt werden kann; hier fallen die Nachteile der hohen Vorrichtungskosten, des großen Holzverbrauchs, der Schlagwetter und Brandgefahr, der Wärmeentwickelung fort, und auch die Abbauverluste werden wesentlich geringer, nur die starken Gebirgsbewegungen und Bergschäden bleiben bestehen.

79. — Vergleich der verschiedenen Arten des Pfeilerbaus mit ununterbrochenem Verhieb. Der schwebende Pfeilerbau hat vor dem streichenden den Vorzug der bequemeren Förderung, indem die Schlepperförderung vor den einzelnen Pfeilern wegfällt und durch die Bremsförderung ersetzt wird; auch gewinnt man meist eine größere Zahl von Angriffspunkten, da die streichende Länge eines Baufeldes in der Regel größer ist als seine flache Höhe. Ein schwerwiegender Nachteil des schwebenden Pfeilerbaus ist aber auf der anderen Seite seine größere Schlagwettergefahr und schlechte Wetterführung, da die Vorrichtungstrecken ansteigende, also besonders schlagwettergefährliche Betriebe bilden und während des Abbaues der Wetterstrom stets das Bestreben haben wird, in dem Hohlraum des alten Mannes über den Abbaubetrieben sich zu verlieren. Ungünstig ist auch, daß die Neigung des Hangenden, nach unten hin „abzuschieben", hier die Arbeiter, welche unmittelbar unter dem alten Hohlraum arbeiten, mehr als beim streichenden Abbau gefährdet.

Beim diagonalen Pfeilerbau liegen die Bewetterungsverhältnisse nicht wesentlich günstiger als beim schwebenden Pfeilerbau. Außerdem

hat er den besonderen Nachteil, daß zwischen den Abbaustrecken und der Grundstrecke mehr oder weniger spitzwinklige Pfeiler eingeschlossen werden, welche sich leicht zerdrücken und dadurch zu größeren Streckenunterhaltungskosten und Kohlenverlusten Anlaß geben.

2. Der Pfeilerbau in einzelnen Abschnitten (Bruchbau).

80. — Grundgedanke. Sollen Flöze von großer Mächtigkeit bei flacher Lagerung ohne Bergeversatz abgebaut werden, so ergibt sich eine besondere Ausgestaltung des Pfeilerbaus, da hier dieselbe Kohlenmächtigkeit, welche beim Bau auf dünneren Flözen erst im Laufe von längeren Jahren, von den hangenden zu den liegenden Flözen fortschreitend, abgebaut wird, auf einmal zum Verhiebe kommt. Zunächst müssen die hohen Kohlenstöße möglichst bald vom Druck des Hangenden, soweit das überhaupt möglich ist, entlastet werden, da sonst durch starke Druckwirkungen (Abspringen von Kohlenschalen) die Arbeiter ernstlich gefährdet werden können, ganz abgesehen von der Verringerung des Stückkohlenfalls infolge des Gebirgsdrucks. Außerdem ist mit Rücksicht auf die Tagesoberfläche ein längeres Offenstehen der großen Hohlräume besonders bei festem Gebirge äußerst bedenklich; denn ein plötzliches Zubruchgehen ausgedehnter „Glocken" zieht noch wesentlich stärkere erdbebenartige Erscheinungen nach sich, als sie bereits beim Abbau von weniger mächtigen Flözen beobachtet werden. Beide Erwägungen bewirken zusammen das Bestreben, das Hereinbrechen des Hangenden nicht sich selbst zu überlassen, sondern jedesmal nach Freilegung einer mäßig großen Fläche durch „Rauben" der Zimmerung künstlich herbeizuführen. Daraus ergibt sich das als „Bruchbau" bezeichnete Verfahren, welches, obwohl jeder Pfeilerbau seiner Natur nach ein Bruchbau ist, doch eine Sonderstellung einnimmt. Diese kommt auch an der Tagesoberfläche darin zum Ausdruck, daß der Bergwerksbesitzer in diesem Falle das ganze über seinem Grubenfelde liegende Gelände nach § 135 des preußischen Berggesetzes erwerben muß und die Besiedelung der Erdoberfläche sich auf besonders dazu vorbehaltene, durch Anstehenlassen von Sicherheitspfeilern zu schützende Gebiete beschränkt.

Da diese künstliche Herbeiführung des Zubruchgehens des Hangenden durch Entfernung der Zimmerung nicht gleichzeitig mit der Kohlengewinnung in der Nachbarschaft vor sich gehen kann, so ergibt sich als naturgemäße Folge die Einteilung eines Pfeilers zwischen 2 Abbaustrecken in eine Reihe einzelner Abschnitte, deren jeder für sich zunächst verhauen und dann zu Bruch geworfen wird.

Bereits oben wurden als Hauptanwendungsgebiete des Bruchbaus der Abbau der oberschlesischen „Sattelflöze" und der Braunkohlenbergbau bezeichnet.

81. — Oberschlesischer Pfeilerbau. In Oberschlesien war dieser Abbau früher in den „Sattelflözen" (siehe oben S. 67), deren Mächtigkeit 4—10 m und mehr beträgt, fast ausschließlich in Gebrauch; jetzt tritt auch hier der Abbau mit Bergeversatz mehr und mehr an seine Stelle. Der oberschlesische Bruchbau wird durch die Figuren 339 bis 341 veranschaulicht. Die einzelnen Bremsberge werden in der Regel einflügelig abgebaut, da sie sonst die wegen der großen Mächtigkeit gelieferten bedeutenden Kohlenmengen nicht würden bewältigen können, auch zu stark

in Druck kommen würden. Die Abbaustrecken werden meist in rund 3 m Breite und Höhe aufgefahren.

Der Rückbau der Pfeiler erfolgt, wie beim Pfeilerbau auf dünneren Flözen, von hinten und oben nach vorn und unten. Die Breite der vorhin erwähnten Unterabschnitte beträgt meist 7—8 m. Die Ausgewinnung eines jeden Abschnitts wird eingeleitet durch Hochbrechen in der Abbaustrecke bis zur Firste (d. h. bis zum Hangenden oder der etwa

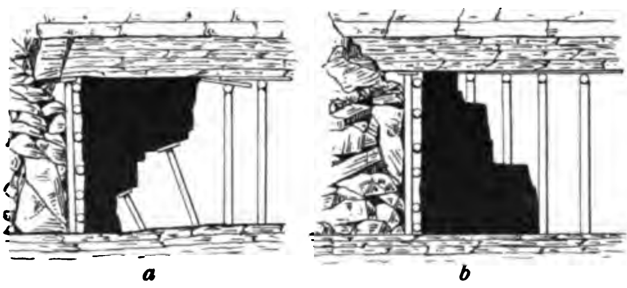


Fig 339. Verhiebarten beim oberschlesischen Pfeilerbau.

unter diesem anzubauenden Kohlenbank) unter gleichzeitiger Verbreiterung der Abbaustrecke auf 5 m. Das Hangende der so verbreiterten Abbaustrecke wird durch schwebende Kappen *f* (Fig. 340) abgefangen, welche zunächst beiderseits in den Kohlenstoß eingebühnt werden, nach begonnenem Verhieb des eigentlichen Pfeilers aber mit ihrem oberen Ende auf der untersten der in diesem eingebauten streichenden Kappen *s* ruhen. — Sodann erfolgt die Gewinnung der im Pfeiler selbst anstehenden Kohle, und zwar schwebend, durch firstenbauartigen (Fig. 339 *a*) oder strossenbauartigen (Fig. 339 *b*) Verhieb, unter Abstützung der überhängenden Kohlenbank bezw. des Hangenden durch Hilfsstempel und -Spreizen. Der Firstenangriff bildet die Regel.

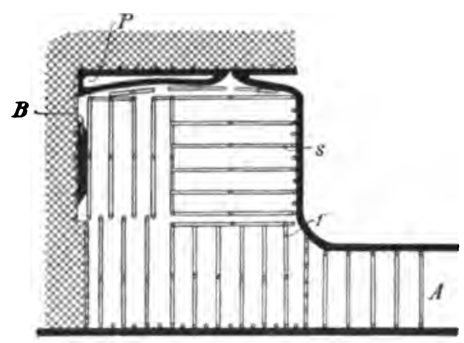


Fig. 340. Verzimmerung eines Abschnitts beim oberschlesischen Pfeilerbau.

Liegen die Verhältnisse schwierig, d. h. ist bei großer Flözmächtigkeit ein wenig festes Hangendes vorhanden, so läßt man zunächst gegen den alten Mann der oberen Strecke sowohl wie gegen denjenigen des benachbarten, „ausgeraubten“ Abschnittes ein Kohlen-„Bein“ stehen, das nach beendigtem Verhiebe des Abschnittes noch soweit wie möglich hereingewonnen wird. Man muß dabei mit großer Vorsicht vorgehen, um ein Hereinrollen und Hereinbrechen des zu Bruch gegangenen Hangenden in den Abbauraum zu verhüten. Daher beginnt man bei dem oberen Bein (*P* in Fig. 340) mit dessen Schwächung in der Mitte und arbeitet von dort aus langsam und vorsichtig nach den Seiten weiter; das seitliche

21*

Bein B wird in ebenso vorsichtiger Weise von oben nach unten abgebaut, soweit das möglich ist.

Während des Auskohlens eines Pfeilerabschnittes wird seine vordere sowohl wie seine untere Kante durch die sog. „Orgeln“ O_1 und O_2 (Fig. 341) gesichert, welche durch Stempel, die zwischen den einzelnen Kappen eingebaut sind, gebildet werden. Nach beendigtem Verhiebe des Abschnittes wird auch die offene vordere Seite der Abbaustrecke durch Orgelstempel abgeschlossen. Die Orgeln sollen das Hereinbrechen des Hangenden auf den jeweiligen Abschnitt beschränken und das Weiterrollen der hereingebrochenen Blöcke in die seitlich und nach unten hin an-

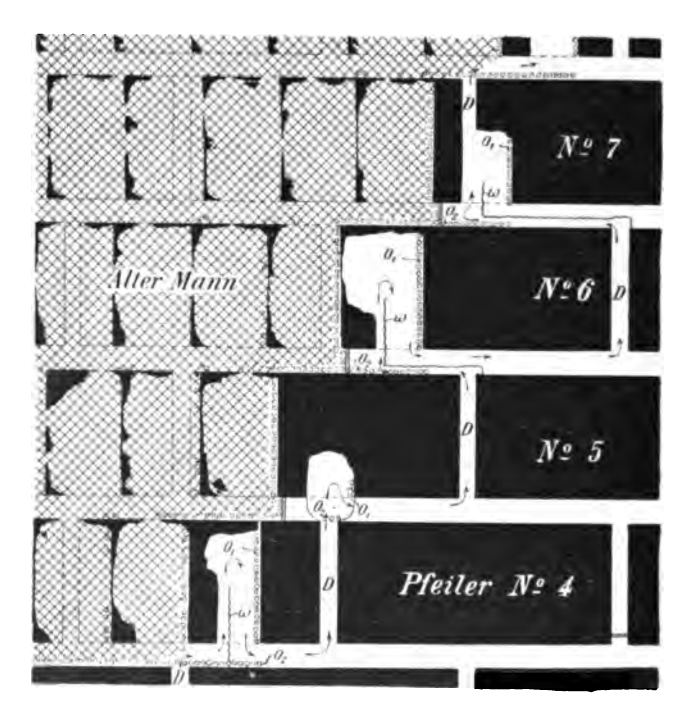


Fig. 341. Grundriß mehrerer Pfeiler beim oberschlesischen Pfeilerbau.

grenzenden Abschnitte verhüten. Die Zahl der Orgelstempel richtet sich daher nach den zu erwartenden Druckverhältnissen und der Größe der einzelnen Blöcke; im Bedarfsfalle werden die Stempel nicht nur sehr dicht gestellt, sondern auch noch durch Vorstempel verstärkt.

Ist der Verhieb eines Abschnittes beendigt und sind die Orgeln gestellt, so erfolgt das „Rauben“, d. h. die Entfernung der Stempel. Es liegt auf der Hand, daß diese Arbeit äußerst gefährlich ist. Man raubt daher nicht alle Stempel, sondern nur die weniger belasteten; auch dürfen zum Rauben nur besonders erfahrene und gewandte, dem Ortsältesten sich unbedingt unterordnende Leute verwendet werden. Weil Bewegungen im Hangenden sich durch kleine Geräusche ankündigen, auf welche daher

mit größter Sorgfalt geachtet werden muß, darf das Rauben nur bei größter Stille, d. h. nicht während der Förderschicht erfolgen.

Nach dem Rauben wird der Abschnitt an seinem vorderen Ende in der Strecke durch einen starken Verschlag („Damm“) (Fig. 341) abgeschlossen, um das Hereinrollen von Bergen in die Strecke und das Zubruchgehen derselben beim Rauben zu verhüten.

Liegen die Verhältnisse günstiger, so kann ohne oberes Bein gearbeitet werden. Vielfach läßt man aber auch das seitliche Bein fort, um die Kohlenverluste zu verringern. Man muß dann diesen Kohlensicherheitspfeiler, dem Vorrücken des schwebenden Verhiebs nach oben entsprechend, durch eine starke Zimmerung („Versatzung“) ersetzen; zu diesem Zwecke wird die den vorher ausgekohlten Abschnitt begrenzende Orgel ausreichend verstärkt, indem etwa herausgeschlagene Stempel ersetzt und außerdem die Stempel noch durch schräge Streben gegen Firste und Sohle verspreizt werden.

Die Wetterführung wird durch Fig. 341 veranschaulicht; der frische Wetterstrom streicht in der nächsten, nach dem Bremsberg hin gelegenen Reihe von Durchhieben hoch und wird von diesen aus durch Wetterscheider den einzelnen Bauabschnitten zugeführt; nach Bedarf kann er auch noch durch schwebende Scheider innerhalb der letzteren hochzusteigen gezwungen werden. Kann das obere Bein ganz durchbrochen werden, so werden die Wetterscheider an die Durchbruchstellen angeschlossen; der Wetterstrom steigt dann hinter dem Pfeiler hoch.

82. — **Braunkohlenbruchbau.** Im Gegensatz zum Steinkohlenbergbau hat der Braunkohlenbergbau es in den über den Flözen lagernden Gebirgsschichten mit milden, lockeren und rolligen Ablagerungen (Sand-, Kies- und Tonschichten) zu tun. Diese Deckschicht ist vielfach von so geringer Mächtigkeit, daß die geworfenen Brüche sich gleich bis zur Erdoberfläche fortpflanzen. Da in der Regel nur 1 Flöz vorhanden ist, kann nach dessen Verhieb, sobald das Hereinbrechen der Deckschichten abgeschlossen ist, die Oberfläche gleich wieder in Benutzung genommen werden, soweit nicht Vorflutstörungen eingetreten sind.

Der Bruchbau auf Braunkohlenflözen zeigt gewisse Verschiedenheiten, je nachdem die Kohle von milder oder fester Beschaffenheit ist und je nachdem der Abbau in horizontalen (in sehr mächtigen und in flachgelagerten Flözen) oder in geneigten Bauabschnitten (in geneigten Flözen von geringerer Mächtigkeit) geführt wird; im letzteren Falle ist noch zu unterscheiden, ob das ganze Flöz auf einmal (bei geringerer Mächtigkeit) in Angriff genommen wird oder ob (bei größerer Mächtigkeit) der Abbau bankweise erfolgt.

Die Vorrichtungstrecken werden zur Vermeidung unnötiger Unterhaltungskosten, da der Abbau wegen der großen Mächtigkeit nur langsam vorrückt, nach Möglichkeit erst ganz kurz vor dem Abbau aufgefahren; die Vorrichtung erfolgt daher, wie der Abbau, in kleinen Abschnitten.

Ein für die meisten deutschen Braunkohlen-Tiefbaue bezeichnender Bruchbau wird in den Figuren 342—344 veranschaulicht. Der Abbau erfolgt in horizontalen (Fig. 343) oder geneigten (Fig. 344) Scheiben. In jeder beginnt die Vorrichtung mit dem Treiben einer Hauptförderstrecke *g* (Fig. 342), welche der besseren Bewetterung wegen mit einer Begleit- und



Fahrstrecke *w* aufgefahren wird. Von der Hauptförderstrecke aus wird die Scheibe durch die Hilfsstrecken b_1—b_8 (*l* und *v* in Fig. 343), welche in Abständen von 100 bis 300 m aufgefahren werden, in Hauptabschnitte zerlegt. Diese letzteren werden nun durch ein nach und nach unmittelbar vor dem Abbau hergestelltes Netz von streichenden und querschlägigen Strecken *t* und *q* in eine Reihe von Bruchabschnitten geteilt, deren jeder 9—16 „Brüche" von je 12—20 qm Fläche umfaßt. Diese Abschnitte werden wieder mit kleinen Hilfsstrecken *I*—*V* (Fig. 344) soweit durchörtert, wie es notwendig ist, um für jeden einzelnen Bruch einen Angriffspunkt zu erhalten. Von den Strecken aus werden die Brüche in der Regel nach einer Seite ausgekohlt, so daß die Strecke an den Rand des zugehörigen Bruches zu liegen kommt. Der Verhieb eines Bruches erfolgt immer in solchen Abschnitten, wie sie zur Gewinnung von Raum für einen (bei festerem Hangenden auch zwei) Stempel erforderlich sind. Die Stempel werden unter Kappen geschlagen, über welche zur besseren Sicherung des Hangenden noch Querpfähle getrieben werden. In ähnlicher Weise werden die Stöße gesichert; die Verpfählung wird hier gegen die Bruchstempel

Fig. 342. Deutscher Braunkohlenbruchbau in geneigten Scheiben.

oder auch durch den ganzen Bruch hindurch gegen die Verpfählung auf der anderen Seite abgespreizt. Bei gebrächer Kohle muß man Sicherheitspfeiler („Beine") gegen den alten Mann um den Bruch herum anstehen lassen, was zu erheblichen Kohlenverlusten führt. Man setzt daher viel-

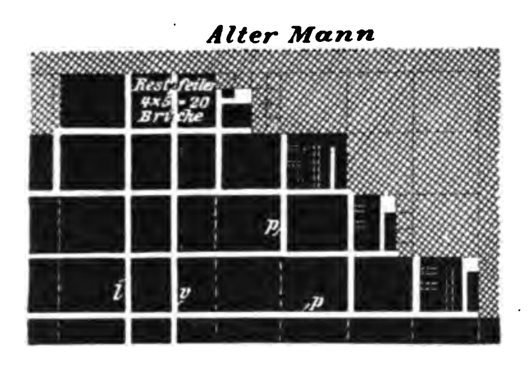


Fig. 343.



Fig. 344.

Fig. 343 und 344. Deutscher Braunkohlenbruchbau in horizontalen Scheiben.

fach Schutzstempel („Orgeln") an den Bruchrändern, um die Beine möglichst vollständig gewinnen zu können.

Das „Werfen" eines Bruches erfolgt durch Hereinrauben der Zimmerung, nachdem die Schienen entfernt sind und zur Verhütung eines etwaigen Verschlämmens der Bruchstrecke durch das hereinbrechende Gebirge am Eingang des Bruches ein Damm in die Strecke gesetzt ist. Die Brüche „gehen" um so besser, je mehr Sand-, Schwimmsand- und Kiesschichten im Hangenden vorhanden sind; wird dieses ganz oder großenteils durch Tonschichten gebildet, so bleiben diese häufig hängen, so daß immer erst mehrere Brüche auf einmal geworfen werden können. — Die Reihenfolge, in welcher das Werfen der einzelnen Brüche erfolgt, ist in Fig. 344 durch Ziffern angedeutet; die römischen Ziffern dieser Figur kennzeichnen die Reihenfolge im Auffahren der Bruchstrecken.

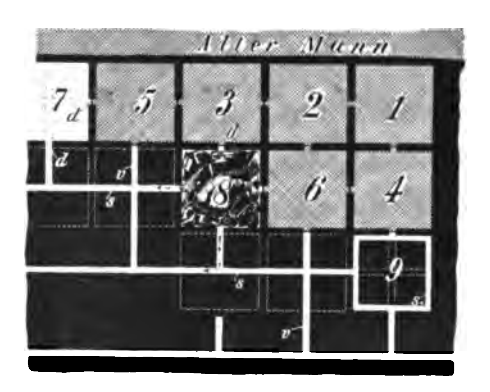


Fig. 345. Kammerbruchbau im böhmischen Braunkohlenbergbau.

Derartige Brüche werden auf allen einzelnen streichenden Strecken *p* gleichzeitig in Angriff genommen, so daß der Abbau, im ganzen betrachtet, in diagonaler Richtung rückwärts fortschreitet (Fig. 343).

Wird in geneigten Scheiben abgebaut (Fig. 342), so ist der Betrieb ähnlich. Nur muß hier mit einem Hereinbrechen der Massen des Alten

Mannes an der oberen Bruchgrenze gerechnet werden; man wirft daher nacheinander erst die Brüche über einer einzigen streichenden Strecke *t*, so daß bis zur Inangriffnahme der nächsttieferen Brüche der Alte Mann zur Ruhe kommen kann.

Als Beispiel für eine etwas andere Ausbildung des Bruchbaus sei hier noch der „Kammerbau" erwähnt, wie er im nordböhmischen Braunkohlenbergbau bei Brüx[1]) üblich ist, der sich durch ziemlich feste Beschaffenheit der Kohle auszeichnet. Jede Kammer („Plan") erhält 144—400 qm Fläche und wird von 2 bis 3 m starken Sicherheitspfeilern begrenzt. Die Gewinnung der ganzen Kohlenmasse eines Bruches erfolgt hier auf einmal: der Kohlenblock wird zunächst von den Strecken aus in der ganzen Fläche unterfahren und durch Stempel unterstützt; darauf wird er durch Herstellung von schmalen Schlitzen s_1—s_3 (Fig. 346 und Kammer *9* in Fig. 345) soweit aus dem Flözkörper abgelöst, daß er nach Entfernung der Tragstempel hereinbricht. Sodann erfolgt von den beiden Streckenmündungen aus das Einladen und Fortschaffen der Kohlen (Kammer *8*), worauf der Bruch durch Mauerdämme *d* abgeschlossen wird (Kammer *7*).

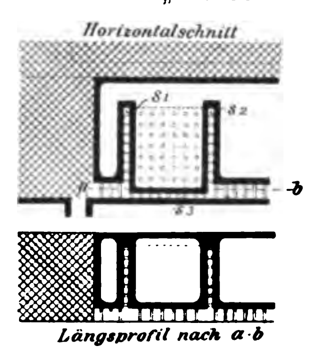


Fig. 346. Herstellung der Schlitze beim böhmischen Kammerbruchbau.

Die Reihenfolge, in der die einzelnen Kammern in Angriff genommen werden, richtet sich nach der Zeit, welche zur Beruhigung des Alten Mannes erforderlich ist. In Fig. 345 ist sie durch die entsprechenden Ziffern gekennzeichnet.

83. — Bruchbau in Mechernich. Hierher muß endlich auch der in der nördlichen Eifel bei Commern und Mechernich geführte Bruchbau

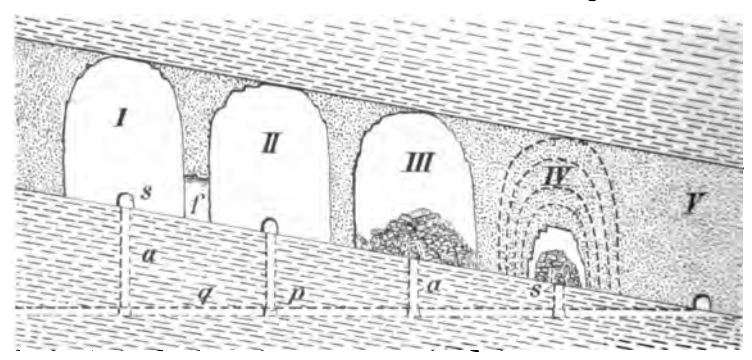


Fig. 347. Bruchbau auf dem Mechernicher Knottensandsteinflöz.

auf einem mächtigen, bleiglanzführenden Sandsteinflöz („Knottensandstein") gerechnet werden. Die Ausrichtung dieser Lagerstätte (Fig. 347) erfolgt von den streichenden Strecken *p* aus durch Aufbrüche *a*; sodann werden

[1]) Treptow, Grundzüge d. Bergbaukunde, S. 210; Remy in d. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes., 1896, S. 59; Öst. Zeitschr. 1878, S. 334 u. Taf. XIV.

im Flöz die Förderstrecken *s* am Liegenden aufgefahren. Nunmehr erfolgt der Verhieb in einzelnen „Weitungen“ *I—V*, die nach Möglichkeit bis zum hangenden Konglomerat hoch gebracht und nachher dem Zubruchgehen überlassen werden. Das hereingewonnene Haufwerk dient zunächst den Hauern als Standfläche und wird erst nach beendigtem Abbau einer Weitung durch die Strecken *s* und die Aufbrüche *a* abgefördert (Weitung *III* in der Figur). Die Herstellung einer Weitung (*IV*) erfolgt in der durch die gestrichelten Linien angedeuteten Weise in einzelnen Schalen, deren Abstand im Scheitel größer als an den Seiten genommen wird. Wenn es die Festigkeits- und Druckverhältnisse erlauben, wird der Pfeiler nach der Nachbarweitung hin noch teilweise hereingewonnen (*f* zwischen *I* und *II*).

Der Abbau erinnert, wie der böhmische Braunkohlenbergbau, wegen der stehenbleibenden Bergfesten an den Kammerbau.

b) Abbauverfahren mit Unterstützung des Hangenden.

Der Abbau mit Bergeversatz.

1. Allgemeine Erörterungen.

84. — Vorteile des Einbringens von Versatz. Die Vorzüge des Abbaues mit Bergeversatz entsprechen im allgemeinen den oben ausführlicher geschilderten Nachteilen des Pfeilerbaus, brauchen hier also nur noch kurz, wie folgt, besprochen zu werden.

Die Bergschäden können zwar nur bei äußerst sorgfältiger Ausführung des Bergeversatzes fast ganz hintangehalten werden; immer aber bewirkt der Versatz eine mehr oder weniger weitgehende Verringerung derselben. Die Bergbehörde gestattet daher jetzt vielfach den Abbau unter öffentlichen Gebäuden, Eisenbahnen u. dergl. unter der Bedingung, daß derselbe mit Bergeversatz geführt wird; allerdings werden daran in der Regel noch besondere, je nach der Empfindlichkeit des Bauwerks verschieden scharfe Bedingungen hinsichtlich der Ausführung des Versatzes geknüpft.

Die wohltätige Wirkung des Versatzes beruht nicht nur darauf, daß das absolute Maß der Senkungen überhaupt verringert wird, sondern auch auf dem milderen und gleichmäßigeren Verlauf der Senkungen; das über den Hohlräumen lagernde Gebirge kann weniger in einzelne Schollen zerbersten und ruckweise hereinbrechen, sondern wird zunächst von dem Versatz getragen und senkt sich erst allmählich unter entsprechender Zusammenpressung der Versatzberge; es ruht gleichsam auf einem Polster.

Sehr günstig wirkt der Versatz auf die Wetterführung: die Abbaustöße werden von geschlossenen Strömen, die zwischen ihnen und dem Versatz gut zusammengehalten werden, wirksam bestrichen. Die Wetterverluste werden zwar nicht völlig verhütet, aber doch verringert; auch bleiben keine größeren Hohlräume, welche als Gas- und Wasserbehälter und als Herde des Grubenbrandes gefährlich werden könnten; diese letzteren Gefahren, sowie die schädliche Wärmeentwickelung im alten Mann werden außerdem auch durch den reineren Abbau, wie er durch die Einbringung von Versatz ermöglicht wird, vermieden.

Dieser Vorteil des reineren Abbaus ist besonders für den Steinkohlenbergmann wichtig, da das Zurückbleiben von Kohlenpfeilern in den alten Bauen, ganz abgesehen von dem Schaden durch die Kohlenverluste, die oben (S. 307) hervorgehobenen schädlichen und gefährlichen Folgen (Erwärmung, Grubenbrand, Gasentwickelung) nach sich zieht.

Das Tragen des Hangenden durch den Versatz wirkt außerdem insofern günstig, als dadurch nicht nur die Unfälle durch Stein- und Kohlenfall verringert werden, sondern auch der allgemeine Gebirgsdruck wesentlich herabgemindert wird, was sich namentlich beim Offenhalten von Wetterstrecken und -Querschlägen, sowie beim Auffahren von Aus- und Vorrichtungbetrieben auf den tieferen Sohlen vorteilhaft bemerklich macht. Dementsprechend verringert der Bergeversatz die Holzkosten, teils unmittelbar (durch die Möglichkeit der Wiedergewinnung der Zimmerung unter günstigen Verhältnissen), teils mittelbar (durch Verringerung des allgemeinen Gebirgsdrucks). Der Nachteil, daß Strecken im Versatz mehrere Male neu ausgebaut werden müssen, bis der Versatz sich festgedrückt hat, wird durch das schnellere Abwerfen dieser Strecken großenteils wieder wett gemacht, da diese nicht vor Beginn des Abbaus hergestellt, sondern erst mit diesem zugleich aufgefahren werden; übrigens lassen sich hier auch durch einen nachgiebigen oder die Senkung mitmachenden Holzausbau (zugespitzte Stempel, dicke Anpfähle, beiderseits auf Versatz ruhende Kappen) große Ersparnisse erzielen.

Durch den Wegfall der Bergeförderung im Schachte wird eine bessere Ausnutzung der Fördermaschine für die Nutzförderung ermöglicht, was um so schwerer ins Gewicht fällt, je größer die Förderteufen sind.

Über Tage werden die zum Haldensturz erforderlichen Einrichtungen und Arbeitskräfte entbehrlich, und die Kosten des in dichtbevölkerten Gegenden besonders teuren Grunderwerbs für die Haldenschüttung fallen fort; bei Hereinförderung alter Halden wird sogar ein Gewinn erzielt, entsprechend der mittlerweile eingetretenen Wertsteigerung von Grund und Boden. Für Bergwerke, welche zu Hüttenwerken gehören, tritt hinzu, daß ihnen der Bergeversatz ein vorteilhaftes Mittel an die Hand gibt, die großen und lästigen Schlackenabgänge unschädlich zu machen.

Dazu kommt noch, daß durch den Abbau mit Bergeversatz eine größere Hauerleistung ermöglicht wird, weil das Treiben besonderer Vorrichtungstrecken mit ihrer ungünstigen Leistung auf ein Mindestmaß beschränkt, der Abbau gleich am Bremsberg eröffnet und dementsprechend die Lagerstätte immer in mehr oder weniger breiten Flächen in Angriff genommen wird. Damit hängt die Gewinnung der Steinkohle in bedeutend besserer, d. h. stück- und gasreicherer Beschaffenheit als beim Abbau ohne Versatz zusammen.

85. — **Abbau von Sicherheitspfeilern.** In dem Bestreben, die durch den Bergeversatz zu erzielenden Vorteile voll auszunutzen, geht man jetzt besonders im Ruhrkohlenbezirk immer mehr dazu über, die früher bis zur Beendigung des Abbaues stehen gelassenen Sicherheitspfeiler gleich zu Anfang abzubauen. Der Übelstand, daß man dann im Anfang, nämlich bis zum Festdrücken des Versatzes durch Senkung des

Hangenden, mit starkem Gebirgsdruck zu kämpfen hat und den Ausbau (vielfach mehrere Male) erneuern muß, wird gering geachtet gegenüber den Vorteilen, welche dieses Verfahren bringt: Druckfreiheit der betreffenden Betriebe nach Beruhigung des Gebirges, Gewinnung der Kohlen mit günstiger Hauerleistung und in guter Beschaffenheit, vorteilhafte Einwirkung auf die Bewetterungs- und Temperaturverhältnisse. Besonders auffällig treten diese Vorteile, wie bereits oben (S. 293 u. 300) hervorgehoben wurde, bei streichenden und schwebenden Flözbetrieben hervor. Aber auch auf die Querschläge, seien es nun Haupt- oder Abteilungsquerschläge, wird jetzt vielfach keine Rücksicht mehr genommen, wenngleich in Förderquerschlägen vorübergehende Störungen der Förderung lästig werden können. Bei Aufbrüchen hat in flachgelagertem Gebirge das Abbauen der Flözteile in ihrer Umgebung keine bedenklichen Folgen. Bei steilem Einfallen ist die Wirkung des Abbaus auf Aufbrüche allerdings ungünstiger, da hier außer der Vertikalsenkung des Gebirges auch ein Horizontalschub in demselben sich bemerklich macht. Jedoch kann man auch hier die Sicherheitspfeiler bei einiger Vorsicht gleich mitgewinnen; auf der Schachtanlage Shamrock I/II z. B. geschieht das unter nachfolgender Aufführung von Holzpfeilern in den dem Aufbruch benachbarten Flözteilen, bei solchen Flözen also, die den Aufbruch durchsetzen, an allen 4 Seiten des letzteren; bei druckhaftem Gebirge wird außerdem noch mit gutem Erfolg Faschinenpackung zwischen Aufbruch und Holzpfeiler eingebracht.

86. — Verschiedene Ausführung des Versatzes. Die Abschwächung der Gebirgsbewegungen durch den Versatz ist je nach seiner Ausführung und den Lagerungsverhältnissen sehr verschieden. Zunächst wird die Wirksamkeit des Versatzes durch die in ihm enthaltenen Hohlräume mehr oder weniger beeinträchtigt; feinkörniges Versatzgut (Sand, Asche u. dergl.) trägt daher bedeutend besser als grobe Berge. Ferner ist das Einfallen von Bedeutung; bei steiler Lagerung, d. h. solange die Berge noch auf dem Liegenden rutschen, ist nicht nur das Entleeren der Bergewagen bedeutend bequemer, sondern auch keine besondere Sorgfalt auf das Bergestürzen und dessen Beaufsichtigung zu verwenden; auch drücken die Berge sich durch ihr Eigengewicht fest zusammen. Fällt dagegen die Lagerstätte flach ein, so ist das Versetzen namentlich in sehr dünnen und in sehr mächtigen Lagerstätten mühsam, da im ersteren Falle die Bewegungen der Leute stark behindert sind, im letzteren das Hochführen des Versatzes bis unter das Hangende schwierig wird; daher muß durch scharfe Überwachung der Neigung der Leute, den Versatz nachlässig auszuführen, entgegengearbeitet werden. Auch muß unterschieden werden, ob die Förderstrecken mit versetzt oder im Versatze offen gehalten werden; letzteres Verfahren führt zu stärkeren Bewegungen, da die Strecken sich allmählich zudrücken. Außerdem ist die Herkunft der Berge von Einfluß: stammen sie nur aus dem Abbau selbst oder aus dem Nachreißen der Abbaustrecken, d. h. wird mit „eigenen“ Bergen versetzt, so wird das Senken des Hangenden zwar zeitweilig aufgehalten (infolge der Auflockerung der gewonnenen Berge), nicht aber endgültig verhindert; die Senkung kann vielmehr, da der Versatz sich im Laufe der Zeit in alle

Hohlräume hineindrückt, schließlich den vollen, durch die Mineralgewinnung bedingten Betrag erreichen. Eine wirkliche Verringerung der Senkungen läßt sich also nur durch Zuführung „fremder“ Berge, d. h. solcher aus anderen Betrieben oder vom Tage her, erreichen, durch welche ein tatsächlicher Ersatz für die gewonnenen Mineralien beschafft wird.

Der wirksamste Versatz ist der durch Einspülen feinkörnigen Versatzgutes in die Baue bewirkte, der sog. „Spülversatz“, auf den unten näher eingegangen werden soll. Derselbe wird daher vielfach von der Bergbehörde für den Abbau von Sicherheitspfeilern zur Bedingung gemacht.

Damit ist aber nicht gesagt, daß für den Grubenbetrieb der weniger gute Versatz nachteilig wäre. Vielmehr kann auch ein mangelhafter Versatz immer noch gute Dienste beim Abbau leisten, und die auf einen sorgfältigeren Versatz verwandten Kosten lassen sich nur dann rechtfertigen, wenn das Bedürfnis dazu vorliegt, d. h. den höheren Ausgaben entsprechende Vorteile gegenüberstehen.

87. — **Beschaffung der Versatzberge.** Die für den Versatz notwendigen Berge stammen in erster Linie aus der Lagerstätte selbst (Bergmittel oder Nachfall in Kohlenflözen, taube „Gangart“ in Erzgängen) oder aus dem Nebengestein derselben, wie es beim Nachreißen der Abbaustrecken, Bremsberge usw. gewonnen wird. Dazu kommen an zweiter Stelle die in der Grube bei den verschiedenen Gesteinsarbeiten (Auffahrung von Querschlägen und Richtstrecken, Herstellung von Aufbrüchen, Abteufen von Schächten, Ausschießen von Füllörtern und Maschinenräumen) fallenden Berge. Es empfiehlt sich, den Abbaubetrieb so zu führen, daß stets eine passende Gelegenheit zur möglichst zweckmäßigen Unterbringung dieser Bergemengen geboten wird. Weiterhin können die bei der Aufbereitung ausgeschiedenen Klaub- und Waschberge vorteilhaft Verwendung finden; allerdings werden solche Berge auf Steinkohlenbergwerken zweckmäßig mit anderen vermischt, da sie infolge ihres starken Gehaltes an Kohlenstoff und Schwefelkies zur Wärmeentwickelung neigen, die sich bei flacher Lagerung, wo der Versatz nicht dicht genug wird, um die Luft fernzuhalten, bis zum Brande steigern kann. Im Kalibergbau entsprechen den Waschbergen die Rückstände der Chlorkaliumfabriken, welche häufig einen bedeutenden Prozentsatz der Förderung ausmachen und dann zum Versatz nahezu ausreichen. — Große Mengen von Versatzbergen können auch aus alten Bergehalden entnommen werden, wenngleich deren Bedeutung gegenüber den gewaltigen Bergemengen, welche der Steinkohlenbergbau mit Versatz erfordert, nicht überschätzt werden darf. Eine Bergehalde von beispielsweise 300 m Länge, 40 m Höhe, 120 m unterer und 30 m oberer Breite würde auf die Dauer von 6 Jahren 500 cbm Versatzgut für jeden Arbeitstag liefern können.

Reicht man mit all diesen Bergen noch nicht aus, so können Schlacken, Kesselasche und andere industrielle Abfälle zu Hilfe genommen werden. Auch mit dem Versetzen von Müll aus den Städten sind schon Versuche gemacht, aber wieder aufgegeben worden.

In vielen Fällen sehen sich Bergwerke, welche sehr mächtige Lagerstätten abbauen und ohne Versatz überhaupt nicht auskommen können, zur Einrichtung besonderer Betriebe für die Gewinnung von Versatzbergen

genötigt. Diese befinden sich entweder über Tage (Steinbrüche, Sandgruben) oder unter Tage; im letzteren Fall werden sie „Bergemühlen“ genannt und bestehen aus Hohlräumen im Nebengestein (siehe unten Fig. 404), welche so weit und hoch ausgeschossen werden, wie es die Gebirgsfestigkeit zuläßt. Besonders der deutsche Kalisalzbergbau macht von diesem Mittel der Bergegewinnung Gebrauch, da ihm in dem das Liegende des Kalisalzlagers bildenden „älteren Steinsalz“ ein vorzügliches zähes Gebirge für diesen Zweck zur Verfügung steht. Die Bergemühlen erreichten hier früher verschiedentlich Abmessungen von 25 m Breite, 150 m Länge und 15 m Höhe.

Ist die volle Menge der notwendigen Versatzberge überhaupt nicht oder nur mit unverhältnismäßig großen Kosten zu beschaffen, so hilft man sich bei flacher Lagerung durch Holzpfeiler aus altem Grubenholz, die mit Bergeklein ausgefüllt werden. Läßt sich auch damit kein vollständiger Versatz erzielen, so muß wenigstens darauf gesehen werden, daß der Versatz, wo er eingebracht wird, bis unter das Hangende hochgeführt wird und eher Lücken bleiben, als daß durch gleichmäßige Ausbreitung des Versatzes größere Flächen des Hangenden ohne Unterstützung gelassen werden.

Das hin und wieder angewandte Mittel, durch vereinzelte Sprengschüsse noch Versatzberge aus dem Hangenden zu gewinnen, ist wegen der damit verbundenen Beunruhigung des Gebirges zu verwerfen.

88. — Bergewirtschaft. Die Art und Weise der Verteilung der nicht im Abbau selbst an Ort und Stelle gewonnenen und versetzten Berge und ihrer Zuführung zu den einzelnen Betriebspunkten richtet sich in erster Linie nach der Herkunft der Berge, an zweiter Stelle nach den Förderwegen und Förderkosten. Es lassen sich im allgemeinen 3 Verfahren unterscheiden, die allerdings häufig auch gemischt zur Ausführung kommen, nämlich (Fig. 348—350):

1. die Verteilung der Berge vom Schachte aus über die Wettersohle (Fig. 348),
2. die Verteilung der Berge vom Schachte aus über die Bausohle (Fig. 349),
3. die Verteilung der Berge von besonderen Förderstellen innerhalb der Grube über die Wettersohle (Fig. 350).

Bei den Verfahren 1. und 3. kann es sich sowohl um Berge, die in der Grube gewonnen sind, als auch um solche, die vom Tage her eingefördert werden, handeln, während im zweiten Falle Grubenberge kaum in Frage kommen.

1. Die Zuführung der Berge über die Wettersohle vom Schachte aus wird durch Fig. 348 veranschaulicht. Sie bietet den Vorteil, daß eine Störung der Förderung auf der Bausohle durch die Bergeförderung vermieden wird, indem die Bergewagen entweder (Fig. 348) auf der Fördersohle in derselben Richtung wie die vollen Förderwagen fortbewegt werden oder überhaupt nicht bis auf die Bausohle gelangen, auf der Wettersohle aber eine gleichmäßige und geregelte Förderung umgehen kann. Auch wird das lästige Hochziehen der Berge in den einzelnen Bremsbergen und Aufbrüchen durch eine günstig arbeitende gemeinsame Födereinrichtung ersetzt, während für die Abwärtsförderung von der Wettersohle Rolllöcher benutzt werden können. Nachteilig ist aber auf



der anderen Seite die geringere Förderleistung auf der Wettersohle wegen des schlechteren Zustandes der vom Gebirgsdruck stark in Mitleidenschaft gezogenen Förderwege und wegen der schlechteren Beschaffenheit der Wetter, sowie beim Vorhandensein einer maschinellen Streckenförderung auf der Bausohle die Unmöglichkeit der Benutzung derselben oder doch ihrer vollen Ausnutzung, je nachdem Bergeförderung auf der Bausohle überhaupt nicht oder doch nur in der Richtung der Kohlenförderung stattfindet. Für die in der Grube gewonnenen Berge kommt das Verfahren nach Fig. 348, da eine lebhafte Schachtförderung die Störung durch die Bergeförderung auf eine Sohlenhöhe nicht erträgt, überhaupt nur dann in Betracht, wenn im Schachte eine Nebenförderung umgeht oder in der Nähe des Schachtes ein blinder Schacht *s* zur Verfügung steht; andernfalls zieht

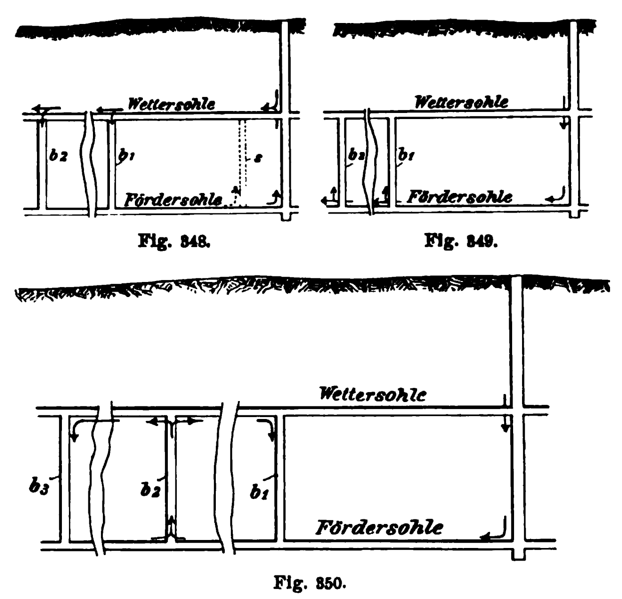


Fig. 348—350. Verschiedene Arten der Zuführung fremder Berge.

man es vor, die Berge gleich mit bis zu Tage zu heben und sie dann von dort wieder einzufördern. In jedem Falle muß eine mehr oder weniger starke Rückförderung mit in den Kauf genommen werden. Das Einfördern von Tage her erfordert ebenfalls eine Nebenförderung, wenn man nicht die Anlage einer Stürzrolle im Schachte vorzieht.

2. Fördert man die Berge von Tage her bis auf die Bausohle, um sie auf dieser zu verteilen (Fig. 349), so vermeidet man eine Belästigung der Schachtförderung; höchstens macht sich bei größeren Teufen das Hochschnellen der Fördergestelle nach dem Abziehen der schweren Bergewagen unangenehm bemerklich. Auch erzielt man den Vorteil, daß etwa vorhandene maschinelle Streckenfördereinrichtungen für die Bergeförderung ins Feld nutzbar gemacht werden können. Dazu kommt für Gruben, welche ihre Einrichtungen von vornherein diesem Verfahren anpassen können, der weitere Vorteil, daß

das Ansteigen der Hauptquerschläge entsprechend schwach gehalten und dadurch der Kraftaufwand für die Bergeförderung wesentlich eingeschränkt werden kann (vergl. S. 274). Auf der anderen Seite sind hier die vorhin erwähnten Nachteile (Störung der Streckenförderung, Mängel des Hochziehens der Berge in zahlreichen besonderen Bremsbergen und -Schächten) in den Kauf zu nehmen.

3. Sammelt man die in der Grube gewonnenen und die von Tage her eingeförderten Berge an einzelnen Bremsbergen oder blinden Schächten, um sie in diesen der Wettersohle zuzuheben und von dort aus zu verteilen (Fig. 350), so vermeidet man bei den Grubenbergen die Rückförderung ganz oder doch zum größten Teile und vereinigt im übrigen die Vorteile der unter 1. und 2. besprochenen Verteilungsarten, indem eine Zersplitterung der Aufwärtsförderung vermieden wird, das Abziehen der von der Tagesoberfläche kommenden Berge am Hauptfüllort erfolgt und die Benutzung von Rolllöchern für die Abwärtsförderung von der Wettersohle aus ermöglicht wird. Dafür ist aber große Sorgfalt bei der Aufstellung des Verteilungs- und Abbauplanes und eine scharfe Überwachung der richtigen Ausführung dieses Planes erforderlich, weil hier leicht Verwirrung eintreten kann, so daß an der einen Stelle sich Bergewagen ansammeln und die Förderung behindern, während an anderen Stellen die Hauer, welche als Ersatz für einen Teil der leeren Wagen auf Bergewagen angewiesen sind, diese nicht erhalten und daher ihre Kohlen nicht abfördern können.

Überhaupt ist auf Steinkohlengruben in allen Fällen die Herstellung der richtigen Beziehungen zwischen Bergezufuhr und Kohlenabfuhr, welche häufig auf große Schwierigkeiten stößt, von großer Wichtigkeit, da sonst leicht ein großer Teil der Vorteile des Bergeversatzes durch unzureichende Zuführung leerer Wagen zu den Betriebspunkten und sonstige Stockungen in der Förderung wieder verloren geht. Besonders schwierig wird die Lösung dieser Aufgabe, wenn die obere Sohle nicht lediglich Wettersohle, sondern auch noch Bausohle für einen über ihr umgehenden Abbau ist.

89. — Ausladen fremder Berge. Die Entleerung der Bergewagen, welche den Betrieben von anderswoher Versatzberge zuführen, erfolgt in verschiedener Weise; sie wird durch die Lagerung, durch die Mächtigkeit der Lagerstätten und durch die Bauart der Förderwagen beeinflußt. In letzterer Hinsicht haben wir zu unterscheiden: die Entleerung

1. der gewöhnlichen Förderwagen,
2. der besonders für Bergeförderung gebauten Wagen, nämlich
   a) der Wagen mit beweglichem Kasten,
   b) der Wagen mit festem Kasten und beweglichen Wänden.

1. Werden die gewöhnlichen Förderwagen benutzt, so ergibt sich der Vorteil einer guten Ausnutzung des Wagenparks und einer Vereinfachung der Förderung, da die Wagen mit Bergeladung hin- und mit Nutzladung zurückgebracht werden können. In genügend mächtigen Lagerstätten kann ihre Entleerung in der einfachsten Weise, nämlich durch Umwerfen erfolgen, was allerdings die Lebensdauer der Wagen verkürzt. Ist das Einfallen steil genug, so zieht man Kopfkipper vor, welche auch in wenig mächtigen Flözen mit Vorteil Verwendung finden und entsprechend den in Fig. 351 dargestellten angelegt werden, von



denen sie sich nur dadurch unterscheiden, daß das Prellholz *p* so weit nach vorn gerückt werden muß, daß der Wagen um mehr als 90° gekippt werden kann. Jedoch eignen sich Kopfkipper, da sie eine Unterbrechung des Gestänges bedingen, nicht für solche Fälle, in denen man, wie z. B. beim Strebbau mit Voranstellung der oberen Stöße, mit den Wagen nach dem Kippen noch zur Ladestelle im Abbau weiter fahren muß.

Bei größerer Flözmächtigkeit finden in steilerer Lagerung vielfach fahrbare Kreiselwipper Verwendung. Dieselben können auch in dem eben erwähnten Fall der Entleerung vor dem Ende der Strecke Verwendung finden, sind dann allerdings etwas unbequem.

2. Besonders gebaute Bergewagen, auf deren Bauart im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann, machen den Einbau von Kippvorrichtungen irgendwelcher Art entbehrlich. Ist nur der Wagenkasten beweglich, so läßt man ihn in der Regel um eine in der Längsrichtung unter ihm verlaufende Achse seitwärts kippen. Zweckmäßig ist es dann, ihm eine bewegliche Seitenwand zu geben, damit er nur so weit gekippt zu werden braucht, daß der Boden genügend schräg liegt. Wagen ohne bewegliche Wand werden am besten in der Form der Muldenkipper mit schräg verlaufenden Seitenwänden hergestellt; ein Kippen um 90° hat dann bereits die erforderliche Schräglage der Seitenwand zur Folge. Solche Wagen sind für geringmächtige Lagerstätten nicht geeignet.

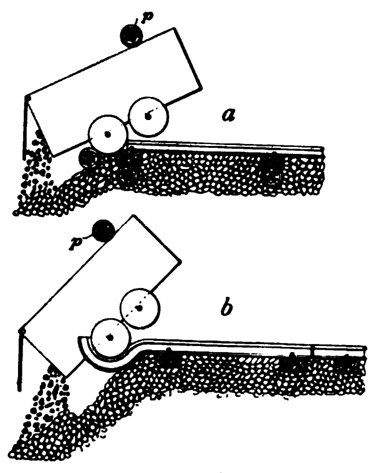


Fig. 351. Kopfkipper.

Von den Wagen mit festem Kasten, aber beweglichen Kopf- oder Seitenwänden sind die gewöhnlichen Förderwagen mit beweglicher Stirnwand die einfachsten. Sie können in dünnen sowohl als auch in mächtigen Lagerstätten Verwendung finden. Ihre Entleerung erfolgt nach Fig. 351 durch mäßige Schrägstellung, die durch den Anschlagstempel *p* begrenzt wird, und zwar kann man entweder sich einfach damit begnügen, nach Fig. 351 *a* die Vorderräder in eine Lücke zwischen dem Gestänge und einem etwas tiefer geschlagenen Sohlenstempel fallen zu lassen, oder nach Fig. 351 *b* eine besondere Kippschiene am Ende des Gestänges einbauen. Solche Wagen können mit der vorhin für Kopfkipper gegebenen Einschränkung auch für die Förderung aus dem Abbau Verwendung finden; allerdings sind dann Verluste durch Undichtigkeit der Klappe unvermeidlich. Da es unzweckmäßig sein würde, vorn und hinten Klappen vorzusehen, so muß der Schlepper gleich am Bremsberg oder Bremsschacht auf die richtige Stellung des dort abzuziehenden Bergewagens zum Abbau achten.

Wagen mit festem Kasten und beweglicher Seitenwand auf einer oder auf beiden Seiten eignen sich für mächtigere Lagerstätten. Ihr Boden

muß eine genügende Neigung nach der Seite der beweglichen Klappe erhalten, woraus sich bei Klappen auf beiden Seiten die Bauart der sog. „Eselsrücken"-Wagen ergibt. Die Entleerung ist die denkbar einfachste, da jede Kippbewegung wegfällt und nur die Entriegelung der Klappwände erforderlich ist. Für Wagen mit nur einer Klappe gilt in nicht sehr mächtigen oder nicht sehr flach geneigten Lagerstätten das oben Gesagte bezüglich des Abziehens aus dem Bremsberge.

2. Besprechung der einzelnen Abbauarten.

Im folgenden soll auf die wichtigsten Verfahren für den Abbau mit Bergeversatz näher eingegangen werden. Dabei sollen zunächst diejenigen, bei welchen die Lagerstätte in breiter Fläche angegriffen wird, und darauf diejenigen, bei denen der Abbau in einzelnen Streifen erfolgt, besprochen werden.

a) Der Strebbau.

90. — Allgemeines. Beim Strebbau wird die in Angriff genommene Bauabteilung von der Vorrichtungstrecke aus in breiter Fläche nach der Baugrenze hin fortschreitend verhauen. Dabei werden in dem in geringem Abstande nachrückenden Bergeversatz eine Anzahl Förderstrecken ausgespart, so daß die Förderung rückwärts erfolgt und der Versatz in eine entsprechende Anzahl von Streifen zerlegt wird.

Wie beim Pfeilerbau kann auch hier der streichende, schwebende und diagonale Abbau unterschieden werden.

Der streichende Strebbau.

91. — Abgrenzung und Einteilung des Baufeldes. Als Vorrichtung genügt (Fig. 352) ein Bremsberg, der bei steilerem Einfallen von einem Fahrüberhauen für jeden Bauflügel begleitet wird.

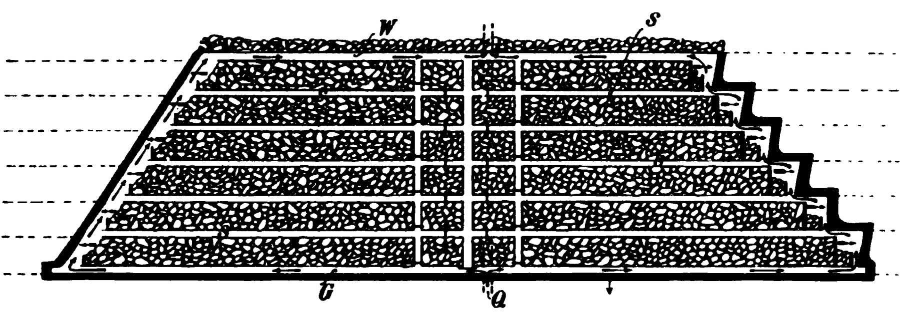


Fig. 352. Schema des Strebbaus mit breitem Blick (links) und mit abgesetzten Stößen (rechts).

Über die zweckmäßige Bemessung der flachen Höhe und streichenden Länge eines Baufeldes gilt im allgemeinen das früher (S. 304 u. f.) Gesagte.

Für die Wahl des Streckenabstandes, d. h. der Breite des von je einer Kameradschaft zu gewinnenden Streifens, ist hier außer den beim Pfeilerbau angeführten Gesichtspunkten auch die Gewinnung von Versatzbergen durch Nachreißen der Strecken zu berücksichtigen, welche besonders

dann ins Gewicht fällt, wenn fremde Berge gar nicht oder nur mit großen Kosten zugeführt werden können.

Es muß hier der „Auflockerungskoeffizient“ oder das „Schüttungsverhältnis“, d. h. das Verhältnis zwischen dem Raummaß der hereingewonnenen und dem der anstehenden Berge in Rechnung gestellt werden, welches für Gebirgsarten, die in mehr oder weniger flachen, regelmäßigen Stücken brechen (Schiefer, Kohle), mit 1,5 : 1, für Gebirgsarten, die zur Bildung unregelmäßiger Bruchstücke neigen (Sandstein, Konglomerat), mit bis zu 2,5 : 1 angenommen zu werden pflegt. Nach den Beobachtungen von Fayol[1]) ist jedoch das Verhältnis 2 : 1 als Maximum anzusehen. Auch ist der Koeffizient für ein und dasselbe Gestein verschieden, je nachdem den groben Bruchstücken mehr oder weniger kleine beigemengt sind.

Sollen nun z. B. in einem 0,8 m einschließlich 0,2 m Bergmittel mächtigen, mit 10° einfallenden Flöz Strecken von 1,6 m Breite und 1,8 m mittlerer Höhe (Fig. 353) hergestellt werden und nimmt man der Einfachheit halber, da eine genaue Begrenzung des Streckenquerschnitts nicht vorhanden ist, für denselben Rechteckform an, so beträgt er annähernd

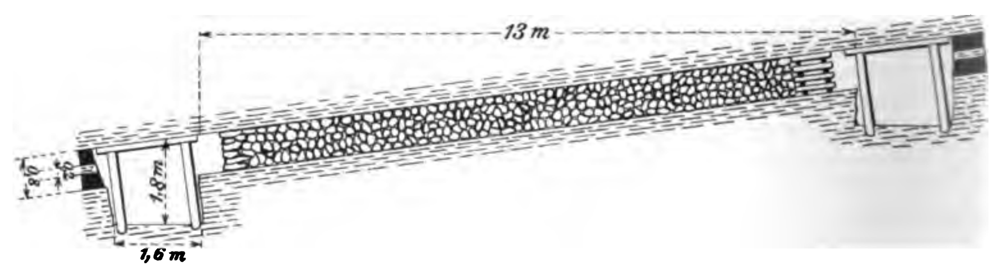


Fig. 353. Streckenabstand bei Versatz mit eigenen Bergen.

1,6 × 1,8 = 2,9 qm. Davon werden 0,8 × 1,6 ~ 1,3 qm durch Gewinnung des Flözes, also die Differenz 2,9 — 1,3 = 1,6 qm, durch Nachreißen des Liegenden erhalten. Rechnet man mit einem Schüttungsverhältnis von 2, so füllen diese 1,6 cbm anstehenden Gesteins lose einen Raum von 3,2 cbm aus. Dazu kommen noch rund 2 m des 0,2 m mächtigen Bergmittels in der Strecke, welche bei dem gleichen Schüttungsverhältnis 2 × 2 × 0,2 = 0,8 cbm ausfüllen, so daß im ganzen 3,2 + 0,8 = 4,— cbm zur Verfügung stehen. Berücksichtigt man nun, daß das Bergmittel im Abbau einen Raum von 2 × 0,2 = 0,4 m Höhe ausfüllt, und nimmt man eine Senkung des Hangenden mit 0,05 m vor dem Einbringen des Versatzes an, so ergibt sich der Streckenabstand zu $\frac{4,—}{0,8 - 0,4 - 0,05} = \frac{4,—}{0,35} \sim 11,5$ m, was unter Berücksichtigung des zweckmäßig zwischen Versatz und Strecken gelassenen Abstandes und des Einbaus von Holzpfeilern auf etwa 13 m Strebbreite führt.

Sollen außer den „eigenen“ noch „fremde“ Berge versetzt werden, so vergrößert sich der Streckenabstand entsprechend; jedoch dürfen dabei die oben (S. 312) hervorgehobenen Rücksichten auf Gebirgsdruck und Förderung, welche gegen einen zu großen Abstand sprechen, nicht außer

[1]) Haton de la Goupillière, cours d'exploitation, Bd. II, 1907, S. 93.

acht gelassen werden. Allerdings können bei flachem Einfallen in dünnen Flözen die Schwierigkeiten der Förderung bis zu den Strecken dadurch wesentlich verringert werden, daß die Strecken nach Fig. 354 in der Mitte der zugehörigen Strebstöße nachgeführt werden.

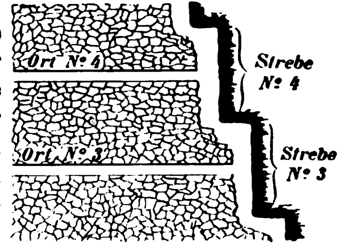


Fig. 354. Nachführen der Strebstrecken in der Mitte der Stöße.

Liegt umgekehrt der Fall so, daß die eigenen Berge jeder Strecke wegen größerer Flözmächtigkeit nur vielleicht 3—5 m flache Höhe ausfüllen können, fremde Berge aber nicht zu beschaffen sind, so darf man den Streckenabstand nicht so gering werden lassen, weil sonst die Streckenunterhaltungs- und die Förderkosten zu sehr steigen würden. Man muß dann, falls man nicht überhaupt ein anderes Abbauverfahren, z. B. den vereinigten Streb- und Pfeilerbau (s. d.), vorzieht, entweder sich mit unvollständigem Versatz begnügen oder besondere Hilfsstrecken (Fig. 358 auf S. 342) zur Bergegewinnung nachführen.

92. — **Abbau.** Der Abbau der vorgerichteten Abteilung beginnt gleich am Bremsberge. Liegt die Lagerstätte flach und ist daher der Bremsberg, wie das jetzt die Regel bildet, von vornherein in Versatz gesetzt worden, so beginnt man von der diesen Versatzstreifen begleitenden schwebenden Strecke (Fahrüberhauen oder Wetterrösche) aus. Bei steiler Lagerung werden vielfach noch Sicherheitspfeiler für den Bremsberg stehen gelassen, doch läßt man hier am besten ebenfalls den Abbau gleich am Bremsberge beginnen, der zu diesem Zwecke eine kräftige Verschalung erhält.

Nach der Gestaltung des Abbaustoßes unterscheidet man den Strebbau mit „breitem Blick“ (Fig. 352 links) und denjenigen mit abgesetzten Stößen (Fig. 352 rechts). Die erstere Angriffsart verdient im allgemeinen den Vorzug, sie vermeidet einspringende Ecken, welche auf Schlagwettergruben stets eine gewisse Gefahr bilden, ermöglicht also eine günstige Bewetterung; sie verhütet ferner durch das gleichmäßige Vorrücken in breiter Front das Durchbrechen des Hangenden, wie es leicht an den streichenden Kanten der abgesetzten Stöße eintritt, an denen deshalb eine wesentlich höhere Gefährdung der Leute durch Stein- und Kohlenfall stattfindet; endlich kann bei diesem Verfahren auch die maschinelle Schrämarbeit mit Radschrämmaschinen (siehe oben S. 247) in großem Maßstabe und mit gutem Nutzen angewandt werden, sofern sich die Lagerstätte überhaupt dazu eignet. Jedoch kann mit breitem Blick nur dort vorgegangen werden, wo das Einfallen genügend flach ist, damit nicht die unteren Kameradschaften durch den Abbau über ihnen gefährdet werden, und wo außerdem das Hangende in seiner Gesamt-

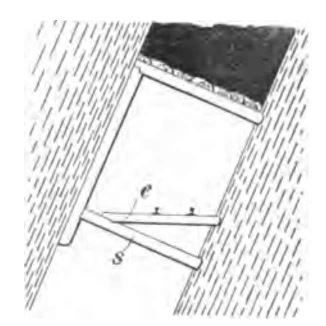


Fig. 355. Strecke über einem offenen Abbauraum.

heit fest genug ist, um die vorübergehende Bloßlegung in einem ununterbrochenen Streifen zu ertragen.

Wird mit abgesetzten Stößen zu Felde gegangen, so läßt man in der Regel die unteren Stöße vorgehen, um nicht auf den Abbaustrecken über den Hohlraum zwischen dem Bergeversatz und dem Kohlenstoß der darunter liegenden Streben hinwegfahren zu müssen, was nach Fig. 355 die Einbringung besonderer Sohlenstempel *s* für die Bahnschwellen *e* erfordert. Jedoch zieht man nicht selten die Voranstellung der oberen Streben vor, was bei flacher Lagerung keine Schwierigkeiten macht und auch bei steilem Fallen ohne weiteres dann erfolgen kann, wenn die Lagerstätte so wenig mächtig ist, daß das Fördergestänge auf das nachgerissene Liegende zu liegen kommt (vergl. Fig. 359 auf S. 343. Zu diesem Vorgehen kann der Verlauf der Schlechten Veranlassung geben; außerdem kann dadurch beim Steinkohlenbergbau auch die Bewetterung verbessert werden, wenn in geringem Abstande von dem abzubauenden Flöz alte Baue in Nachbarflözen oder gasreiche unverritzte Flöze vorhanden sind und das Hangende sich unter Bildung von Klüften schnell auf den Versatz setzt; die durch diese Klüfte sich durchdrückenden schädlichen Gase aus der Nachbarschaft werden durch die Voranstellung der Stöße am oberen Ende vom Abbau ferngehalten, da sie auf dem kürzesten Wege, d. h. durch den Versatz hindurch, den Wetterquerschlag zu erreichen streben. Schließlich kann bei besonders druckhaftem Hangenden durch diese Stoßstellung auch der Vorteil erzielt werden, daß die oberen Streben zuerst die Baugrenze erreichen und daher der Bremsberg nur die denkbar kürzeste Zeit offen gehalten zu werden braucht, da er von oben nach unten stückweise abgeworfen werden kann.

Fig. 356.[1]) Strebbau mit fremden Bergen bei steilem Einfallen.

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 217.

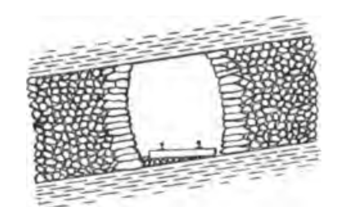
Eine besondere Gestalt nimmt der streichende Strebbau an, wenn er in dünnen, steil gelagerten Flözen mit gutem Hangenden geführt und der Versatz größtenteils durch fremde Berge gedeckt wird. Man geht dann (Fig. 356) mit hohen Stößen vor, deren jeder in Absätzen angegriffen werden muß, um ihn mit mehreren Hauern belegen zu können. Die Strecken werden der Bergezufuhr wegen söhlig hergestellt; die Schlepper können, wenn für die Kohlen- und für die Bergeförderung gleiche Wagen benutzt werden, den von vorn mitgebrachten Bergewagen zuerst in den Versatz des nächstunteren Stoßes entleeren, um ihn dann vor ihrem eigenen Betriebspunkt mit Kohlen zu füllen. Dies Vorbeifahren an den einzelnen Abbaustößen, sofern der untere Stoß vor dem oberen zu Felde rückt, muß dann durch Anlegung von Kohlensammeltrichtern unter jedem Abbaustoß ermöglicht werden. — Ein solches Abbauverfahren kann ebensogut als ein über mehreren Teilsohlen gleichzeitig umgehender Firstenbau bezeichnet werden (s. d.).

Die Figur veranschaulicht gleichzeitig die Lösung des Flözes durch Ortquerschläge von einem Nachbarflöze oder einem Stapelschachte aus, so daß ein Bremsberg in dem dargestellten Flöz nicht erforderlich ist.

93. — Abbaustrecken. Die im Versatz nachgeführten Strecken liegen in der Regel, wie die Figuren erkennen lassen, an der oberen Grenze des zugehörigen Strebstoßes, so daß jede Kameradschaft den Streckenhohlraum für die nächsthöhere schafft, während diese letztere den „Bahnbruch“ und die Fördereinrichtung dieser Strecke herstellt. Bei flachem Einfallen jedoch legt man die Strecken zweckmäßig in die Mitte der zugehörigen Strebstöße (Fig. 354), um den Versatz und die Abförderung vom Abbaustoß zu erleichtern. Der Förderung zum Bremsberge hin kommt man durch Herstellung der Strecken mit entsprechendem Ansteigen entgegen. Sollen jedoch viel fremde Berge zugeführt werden, so daß auf einer und derselben Strecke annähernd gleiche Kohlen- und Bergemengen in entgegengesetzten Richtungen gefördert werden müssen, so fährt man die Strecken zweckmäßig „totsöhlig“ auf.

Die Stöße der Förderstrecken werden bei flacher Lagerung vorteilhaft durch Holzpfeiler oder Bergemauern gebildet.

Dem Gebirgsdruck, welcher die Versatzberge in die streichenden und schwebenden Betriebe hineinzudrücken strebt, trägt man dadurch Rechnung, daß man entweder diese Betriebe, also die Bremsberge, Fahrüberhauen und Abbaustrecken, von vornherein breiter auffährt, als für ihren Zweck notwendig ist, oder aber (bei Bremsbergen) die ihre Begrenzung bildenden Holzpfeiler und Bergemauern durch flach oder schräg gelegte Hölzer zurückhält, welche nach Fig. 323 auf S. 301 gegen Stempel im Bergeversatz oder im Fahrüberhauen durch abgelegte Drahtseile oder deren Litzen verankert werden. Auch führt man wohl nach Fig. 357 Bergemauern mit Auswölbung gegen den Versatz auf.


Fig. 357. Abbaustrecke mit ausgebauchten Bergemauern.

In steilgeneigten Flözen muß das Abrutschen des Versatzes in die Strecken durch sorgfältiges Abfangen desselben verhütet werden. Das geschieht in der Regel nach Fig. 359 auf S. 343 durch einen besonderen, starken Stempelschlag mit Verschalung (in Westfalen „Bergekasten“ genannt) oberhalb der Streckenzimmerung, welcher die Kappen der Türstöcke entlasten und ihre Auswechselung erleichtern soll. Bei größerer Flözmächtigkeit — für die allerdings der Strebbau nicht in erster Linie geeignet ist — werden jedoch die Kosten eines solchen „Aufhängens“ der Berge wesentlich erhöht, da die Hölzer für denselben nicht nur länger sein, sondern wegen der stärkeren Biegungsbeanspruchung auch stärker genommen oder dichter gesetzt werden müssen. Auch macht sich vielfach die Freilassung des Hangenden zwischen Zimmerung und Stempelschlag durch stärkeren Gebirgsdruck nachteilig bemerkbar. Daher läßt man häufig den Versatz auch auf der Streckenzimmerung aufruhen. Man kann diese dann durch einen besonderen Mittelstempel verstärken und bei genügender Mächtigkeit den Raum zwischen diesem und dem Liegenden gleich mitversetzen, oder es kann eine Art polygonaler Zimmerung gewählt werden, die sich ohne Schaden für die Förderung bis zu einem gewissen Grade zusammendrücken läßt.

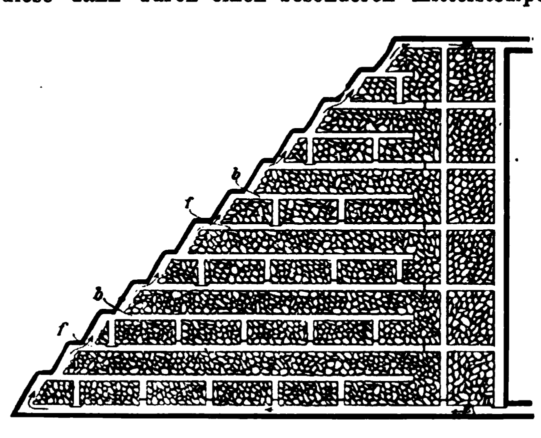


Fig. 358. Strebbau mit blinden Strecken.

Eine besondere Stellung nehmen die sog. „blinden“ Strecken (*b* in Fig. 358) ein, welche nicht bis zum Bremsberg führen und nur den Zweck haben, Versatzberge zu gewinnen. Sie werden also dann mitgeführt, wenn das Nachreißen der eigentlichen Förderstrecken zu wenig Berge liefert, die Beschaffung fremder Berge aber höhere Kosten verursacht als das Nachschießen des Nebengesteins. Zur Förderung werden sie daher vielfach überhaupt nicht benutzt. In dem in Fig. 358 veranschaulichten Beispiel[1]) hat man jedoch in den blinden Strecken ein leichtes Fördergestänge gelegt und kleine Holzwagen fahren lassen, welche durch die von Zeit zu Zeit ausgesparten Rolllöcher ihren Inhalt in die auf den Förderstrecken *f* laufenden Grubenwagen entleerten.

Noch einen Schritt weiter ist man bei dem in Fig. 359[2]) dargestellten Strebbau in einem dünnen Flöz gegangen; hier sind alle streichenden Strecken *S* als solche „blinden“ Strecken aufgefahren worden und haben kein Fördergestänge erhalten; die Förderung erfolgte lediglich durch Rolllöcher *R*, welche wie beim Firstenbau (s. d.) von jeder Kamerad-

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 213.
[2]) Daselbst, S. 214.

schaft für die Förderung von den oberen Stößen fortlaufend im Versatz ausgespart wurden. Naturgemäß eignet sich dieses Abbauverfahren nur für Kohle, welche nicht zu stark staubt und durch die unvermeidliche Zerkleinerung in den Stürzrollen nicht zu sehr entwertet wird.

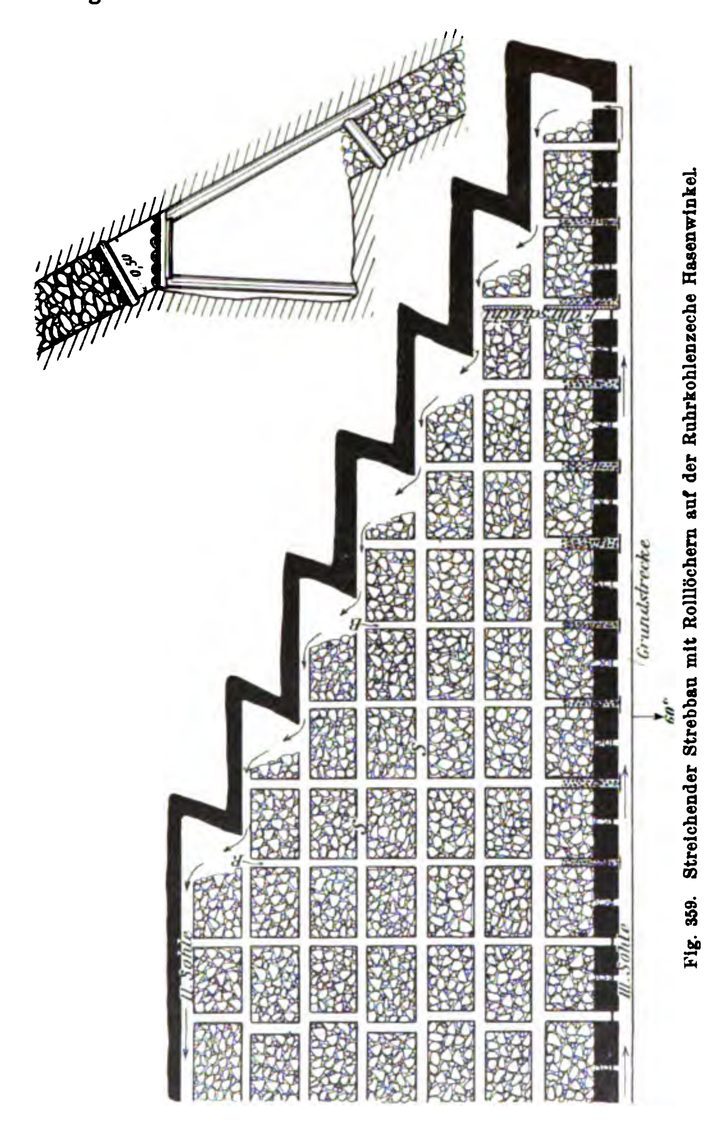


Fig. 359. Streichender Strebbau mit Rolllöchern auf der Ruhrkohlenzeche Hasenwinkel.

94. — Strebbau mit „Aufrollen" der Bremsbergfelder. Bei dem Abbau nach Fig. 359 ist man von einem Bremsberge gänzlich unabhängig; der Verhieb kann also, soweit ihm nicht Gebirgsstörungen oder anderweitige Rücksichten ein Ziel setzen, ununterbrochen weiter fortschreiten, indem jedes Rollloch nach einiger Zeit wieder abgeworfen und dem-

entsprechend weiter vorn ein neues ausgespart wird. Ein ähnliches Vorgehen läßt sich auch bei der Bremsbergförderung durchführen und wird dann als Strebbau mit „Aufrollen"[1]) der Bremsbergfelder bezeichnet. Hierbei läßt man (Fig. 360) den Abbaustoß so lange vorrücken, bis der Gebirgsdruck das Offenhalten der Strecken und des Bremsbergs III zu sehr erschwert oder die Förderwege zu lang werden. Nunmehr wird der neue Bremsberg (IV) im Versatz durch Bergemauern und Holzpfeiler abgegrenzt, aber zugleich mit versetzt, damit er völlig gleichmäßig mit seiner Umgebung durch den Gebirgsdruck zusammengedrückt wird (nach Fig. 361 von 1,8 auf 1,1 m). Damit seine Zimmerung dabei nicht leidet wird sie unter Vermeidung von Stempeln (vergl. auch S. 292) lediglich

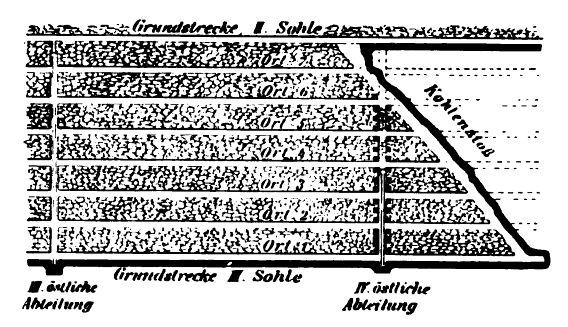


Fig. 360.

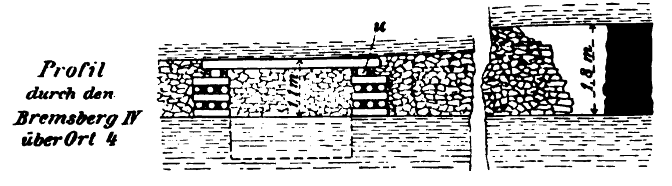


Fig. 361.

Fig. 360 und 361. Aussparung eines neuen Bremsbergs im Versatz.

durch Kappen gebildet, welche auf Unterzüge zu liegen kommen (Fig. 361), die ihrerseits auf die Bergemauern gelegt werden und noch in die Holzpfeiler hineinragen. Jede Kameradschaft stellt so ein weiteres Stück Bremsberg her, sobald sie mit ihrem Abbaustoß in dessen Linie eingerückt ist. Sind die unteren Streben genügend weit vorgeschritten, so daß anzunehmen ist, daß der Versatz sich gesetzt hat, so geht man, von unten nach oben fortschreitend, daran, den Bremsberg wieder auszuräumen und ihn durch Nachreißen des Liegenden und Legen des Gestänges für die Förderung fertig zu machen (siehe den unteren Teil des Bremsberges IV in Fig. 360). Soweit diese Arbeiten beendet sind (in der Figur bis Ort 4), kann der neue Bremsberg für die unteren Streben bereits zur Förderung

[1]) Herbig, Ein Beitrag zur Frage der Bemessung von Abbaufeldern. Glückauf 1905, S. 1349 u. f.

benutzt werden; die Bremse wird dann, der weiteren Fertigstellung des Bremsbergs entsprechend, stückweise höher gesetzt.

Dieser Strebbau bietet wesentliche Vorteile: einmal kann die Flügellänge der Abbaufelder, je nach dem Gebirgsverhalten, beliebig bemessen und braucht nicht vorher festgelegt zu werden. Die nachteiligen Folgen einer unrichtigen Bemessung dieser Längen fallen also fort. Ferner werden die Bremsbergkosten wesentlich verringert, da nicht nur die Herstellung der Bremsberge gegenüber dem Aufhauen in der Kohle ganz wesentlich (in einem Flöze des Saarreviers z. B. um mehr als die Hälfte) verringert wird, sondern auch die sonst bei jedem neuen Bremsberge beträchtlichen Kosten für Erneuerung des Ausbaus bis zum ersten Setzen des Gebirges hier gänzlich wegfallen. Dazu kommt, daß größere Förderstockungen beim Übergang der Förderung von einem Bremsberg auf den anderen nicht eintreten, weil dieser Übergang sich ganz allmählich vollzieht. Auf der anderen Seite ist man allerdings an den einflügeligen Betrieb gebunden, welcher eine geringere Zahl von Angriffspunkten ergibt; auch läßt sich im Bedarfsfalle, da keine in Vorrichtung stehenden Nachbarabteilungen vorhanden sind, nicht so schnell wie bei dem gewöhnlichen Verfahren einer vermehrten Nachfrage durch stärkere Beschleunigung von Vorrichtungs- und Abbaubetrieben genügen.

Der schwebende Strebbau.

95. — Gewöhnliche Ausführung des Abbaus. Bei dieser Abart des Strebbaus wird in Schlagwettergruben zunächst ein Wetterdurchschlag

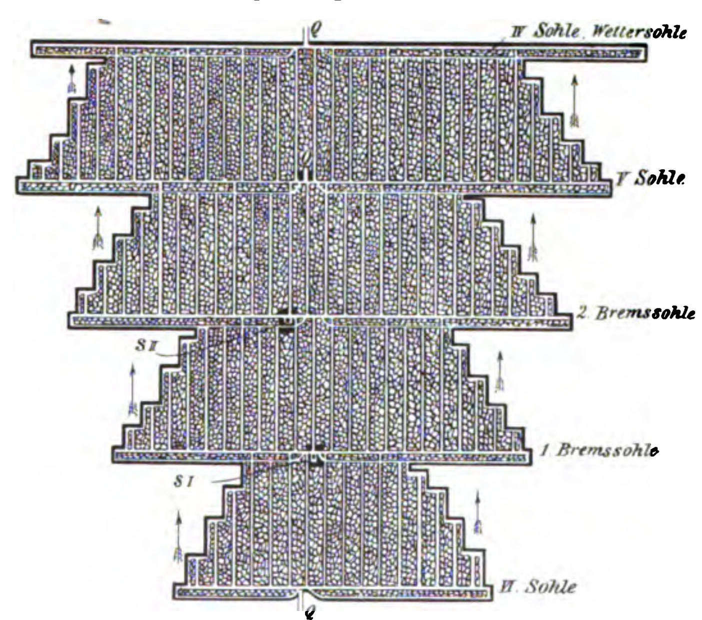


Fig. 362. Schwebender Strebbau, auf mehreren Sohlen gleichzeitig umgehend.

mit der oberen Sohle durch Hochbringen eines Überhauens (in der Regel mit breitem Blick) hergestellt. An diesen Vorrichtungsbetrieb können sich

dann beiderseits die schwebend zu Felde rückenden Abbaue anschließen. Und zwar kann der Abbau, wie der streichende Strebbau, mit abgesetzten Stößen oder mit breitem Blick geführt werden.

Wird mit breitem Blick vorgegangen, so richtet sich die Stellung des Stoßes (schräg nach der einen oder anderen Seite oder ungefähr streichend) nach dem Verlauf der Schlechten.

Der Abbau mit abgesetzten Stößen wird durch die den Abbau einer Ruhrkohlenzeche wiedergebende Figur 362 veranschaulicht, welche gleichzeitig eine deutliche Vorstellung von der Größe der durch einen solchen Abbau unter günstigen Verhältnissen zu erzielenden Förderleistung gibt.

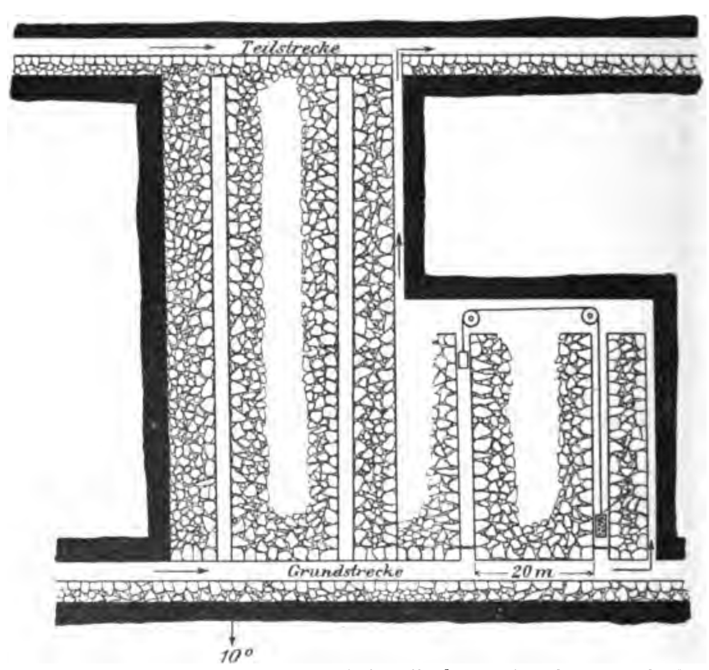


Fig. 363.[1]) Schwebender Strebbau mit je 2 Förderstrecken für einen Stoß.

Es sind hier 2 Sohlen übereinander in Bau genommen und, da das Einfallen sich nach der Teufe hin verflacht, zwischen der V. und der VI. Sohle noch 2 Teilsohlen eingelegt worden, von deren oberer die über ihr gewonnenen Kohlen in dem blinden Schachte *S II* zur V. Sohle heraufgezogen werden, während die untere Teilsohle ihre Förderung durch das Gesenk *S I* nach der VI. Sohle hin abbremst. Die Sohlen- und Teilsohlenstrecken werden hier nicht von vornherein aufgefahren, sondern gleichzeitig mit dem Vorrücken des Abbaus weiter vorgeschoben; sie werden mit Bergedamm und Wetterrösche hergestellt. Der Abbau der oberen Sohlen eilt dem der unteren vor. Die Bewetterung dieses umfangreichen Abbaufeldes bietet keine sonderlichen Schwierigkeiten; sie kann in der

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 225.

Weise erfolgen, daß die sämtlichen, auf einer und derselben Seite zu Felde rückenden Strebbaue von einem gemeinsamen Wetterstrom bestrichen werden. Erscheint eine so weitgehende Hintereinanderschaltung (vergl. den Abschnitt „Grubenbewetterung") untunlich, so kann beispielsweise der Abbau über der VI. Sohle seinen verbrauchten Strom unter einer Wetterbrücke hinweg, über welche der auf dieser Sohle zugeführte frische Strom vor die Betriebe streicht, unmittelbar der IV. Sohle zuführen, wozu die schwebenden Strecken reichlich Gelegenheit bieten.

Die Wetterverbindung zwischen den einzelnen Streben einer jeden Bauabteilung wird durch schmale Wetterröschen hergestellt, welche, wie aus den Figuren ersichtlich ist, zwischen Versatz und Kohlenstoß offen gehalten werden.

Hinsichtlich der Abbaustrecken und der in ihnen umgehenden Förderung zu den Sohlen- und Teilsohlenstrecken gilt für den schwebenden Strebbau das beim schwebenden Pfeilerbau Gesagte; die Strecken liegen in der Mitte der zugehörigen Abbaustöße und führen ihre Förderung durch Vermittelung von kleinen Diagonalen oder von einfachen Kranzplatten den Sohlenstrecken zu; sie werden mit fliegenden Bremsen ausgerüstet, falls nicht etwa das Einfallen so flach ist, daß in ihnen Schlepperförderung umgehen kann.

Eine zwischen dem Vorgehen mit breitem Blick und demjenigen mit abgesetzten Stößen eine Mittelstellung einnehmende Art des schwebenden Strebbaus zeigt Fig. 363; hier werden wegen starken Gebirgsdruckes immer nur 2 Streben gleichzeitig, und zwar mit breitem Blick, hoch gebracht; die Förderstrecken werden, um sie dem Druck möglichst wenig auszusetzen, einspurig hergestellt und zu diesem Zwecke in der aus der Figur ersichtlichen Weise mit gemeinschaftlicher Bremseinrichtung versehen.

96. — Beschaffung der Versatzberge. Beim schwebenden Strebbau stößt die Zuführung fremder Berge auf Schwierigkeiten, falls nicht das Einfallen so flach und das Flöz so mächtig ist, daß man mit den Bergewagen sowohl von der unteren wie von der oberen streichenden Begrenzungstrecke bequem vor jeden Punkt des Abbaustoßes gelangen kann. In dünnen Flözen mit geneigter Lagerung bleibt, da nicht für jeden Stoß ein Haspel aufgestellt werden kann, als einfachstes Mittel das Hochziehen von halb beladenen Bergewagen durch das Übergewicht der Kohlenwagen oder das Hochziehen je eines leeren und eines Bergewagens durch 2 Kohlenwagen, wodurch also auch nur in beschränktem Maße fremde Berge zugeführt werden können.

Der diagonale Strebbau.

97. — Ausführung im allgemeinen. Dieses Abbauverfahren ist für den Steinkohlenbergbau von sehr geringer Bedeutung; es bedarf aber auch schon deshalb keiner näheren Beschreibung, weil Fig. 364 ein genügend deutliches Bild gibt und von den Strecken *dd* das beim diagonalen Pfeilerbau Erwähnte gilt. Die Wetterrösche *r* ist nur in Schlagwetterflözen erforderlich und wird auch hier nur so lange, nämlich zur Rückführung des Wetterstromes, benutzt, bis der Durchschlag mit der oberen Sohle erreicht ist und der Wetterstrom den durch die Pfeile bezeichneten



Weg nehmen kann. Bei flach wellenförmiger Lagerung kann ein streichender oder schwebender Strebbau wegen des wechselnden Einfallens örtlich zufällig das Bild eines diagonalen Abbaues zeigen.

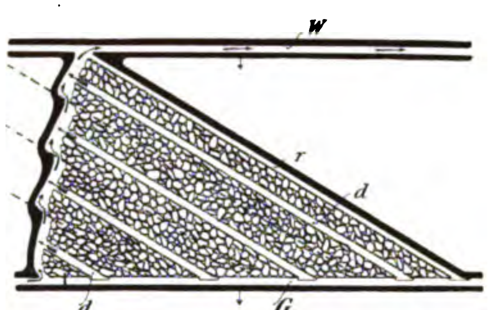


Fig. 364.[1]) Schema des diagonalen Strebbaues.

98. — Diagonaler Strebbau im Mansfeldschen. In großem Maßstabe wird der diagonale Strebbau beim Abbau des sehr regelmäßig und großenteils unter Fallwinkeln von 5—7° gelagerten Mansfelder Kupferschieferflözes angewendet. Hier muß man wegen der geringen Mächtigkeit

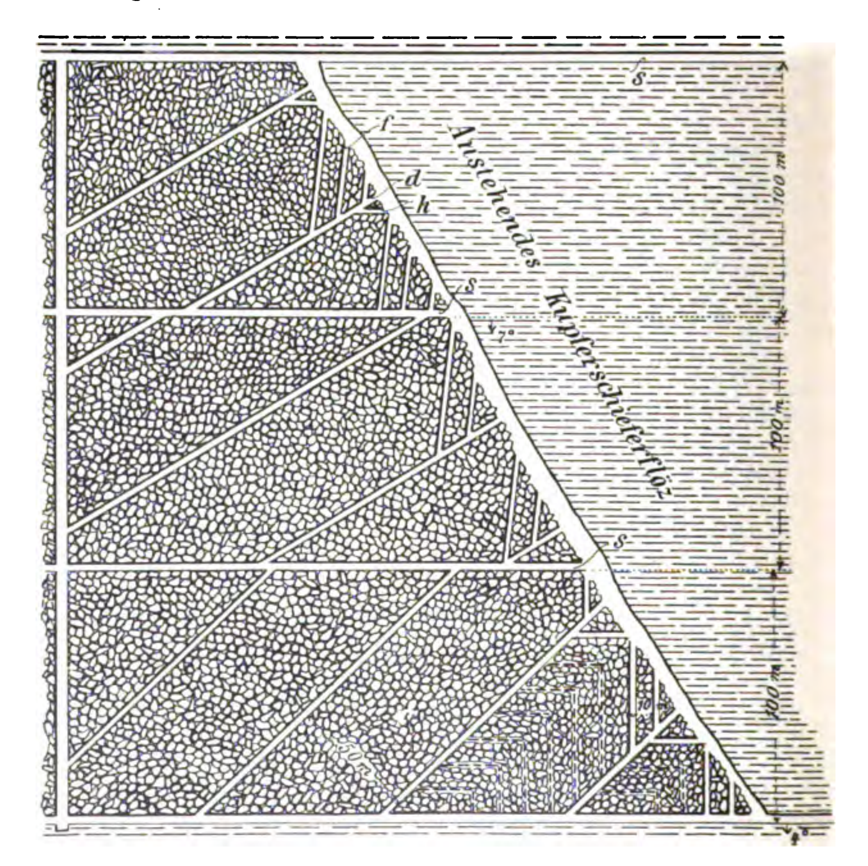


Fig. 365. Strebbau auf dem Mansfelder Kupferschieferflöz.

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 201.

der Erzschicht, welche schon im Abbau, obwohl man sich mit einer Höhe von nur 40—50 cm begnügt, das Nachreißen des Hangenden erfordert, den Bahnbruch in den Förderstrecken auf das Notwendigste beschränken. Das geschieht durch das sog. „gemischte Streckensystem“, zu welchem man nach zeitweiligen anderen Versuchen wieder zurückgekehrt ist[1]) und das durch Fig. 365 veranschaulicht wird. Es werden nämlich nur in großen Abständen streichende, für Wagenförderung nachgerissene Förderstrecken (Teilsohlenstrecken) aufgefahren. Da nun die geringe Höhe im Abbau im Verein mit dem hier nur sehr schmalen Raum zwischen Versatz und Abbaustoß dazu nötigt, die gewonnenen Schiefer möglichst gleich an der Gewinnungsstelle durch den Versatz hindurch abzufördern, so werden von diesen Förderstrecken *s*, sowie anfangs auch von der schwebenden Verbindungstrecke aus in Abständen von ca. 50 m, rechtwinklig gemessen, Diagonalen *d* nachgeführt. Die zwischen den Diagonalen und streichenden Strecken gelegenen Abbauflächen werden aber außerdem noch durch sog. „Fahrten“ *f* an die Diagonalen und Strecken angeschlossen. Die Fahrten werden in Abständen von 10 m ausgespart; sie erhalten eine geringe Breite und ein Ansteigen von 2—3°, verlaufen also bei mehr als 3° Flözfallen ebenfalls etwas diagonal; nur die dicht unter den Diagonalen mündenden Fahrten *h* können streichend hergestellt werden. Diagonalen und Fahrten werden für die Förderung mit den niedrigen Mansfelder „Strebräderhunden“ eingerichtet, die an den Förderstrecken *s* in die Wagen entleert werden.

b) Der Strossenbau.

99. — Ausführung des Strossenbaus. Der Strossenbau hat seinen Namen daher, daß bei ihm immer die „Strosse“, also die Sohle, angegriffen wird und so der Abbau von oben nach unten hin fortschreitet. In der

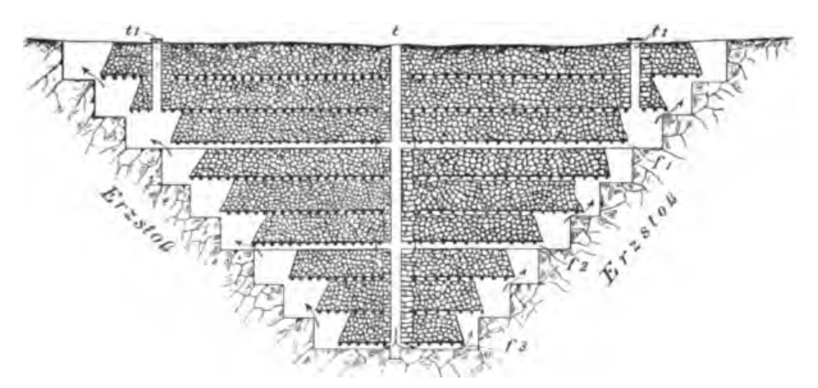


Fig. 366. Schema des Strossenbaus.

Lagerstätte entsteht daher eine Treppe, welche unten immer neue Stufen erhält. Der Abbau beginnt (Fig. 366) von einem Abhauen (Absinken) *t* aus, welches entsprechend dem Ansetzen der nacheinander ins Feld rücken-

[1]) Festschrift der Mansfeldschen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft zum X. deutschen Bergmannstage, S. 106.

den Strossen stückweise tiefer niedergebracht wird und als Hauptförderweg, gegebenenfalls bis zu Tage, also als tonnlägiger Förderschacht, ausgebaut wird. Geht die Lagerstätte zu Tage aus und stehen keine Rücksichten auf die Tagesoberfläche im Wege, so kann der Abbau gleich hier beginnen. Es kann ein- oder, wie in der Figur, zweiflügelig abgebaut werden.

Der in gleichem Schrittmaße nachfolgende Versatz wird von den einzelnen Kameradschaften auf die mit jeder Strosse mitzuführenden Stempelverschläge gepackt. Die Förderung zum Absinken erfolgt durch ausgesparte streichende Förderstrecken f_1—f_3, welche, um nicht zu viele Strecken offenhalten zu müssen, immer für mehrere Strossen gemeinsam hergestellt werden, so daß die Hauer vor den oberen Strossen die von ihnen gewonnenen Mineralien vor den Stößen herunter zur nächsten Förderstrecke befördern müssen. Die sehr einfache Wetterführung wird durch die Pfeile gekennzeichnet.

Bei weiterem Vorrücken der Strossen wird zweckmäßig, um die Förderwege zu verkürzen und die Streckenunterhaltungskosten zu verringern, der erste Haspelschacht abgeworfen und durch neu ausgesparte tonnlägige Schächte t_1 auf jedem Flügel ersetzt.

Hiernach kann der Strossenbau als ein streichender Strebbau mit eigenen Bergen im Unterwerksbetrieb mit Voranstellung der oberen Stöße bezeichnet werden, bei welchem aus Sparsamkeitsrücksichten ein Teil der streichenden Förderstrecken weggelassen wird.

c) Der Firstenbau.

100. — Wesen des Firstenbaus. Der Firstenbau ist ein in erster Linie für den Gangbergbau ausgebildetes, später aber auch für den Abbau auf Steinkohlenflözen übernommenes Abbauverfahren. Er bildet hinsichtlich der Art des Angriffs der Lagerstätte das Gegenstück zum Strossenbau, indem der Abbau am unteren Ende eines Abbaufeldes beginnt, so daß die Stöße in der Reihenfolge von unten nach oben nacheinander zu Felde rücken, jeder neue Stoß also die Firste angreift und die beim Strossenbau in der Lagerstätte selbst entstehende Treppe hier durch den Versatz gebildet wird.

Wegen der großen Verschiedenheit zwischen den Verhältnissen des Gangerzbergbaus und des Bergbaus auf Steinkohlenflözen hat der Firstenbau für beide Bergbaubetriebe eine abweichende Ausgestaltung erhalten, so daß eine gesonderte Besprechung zweckmäßig erscheint.

Der Firstenbau auf Erzgängen.

101. — Treiben des untersten Firstenstoßes. Der Abbau wird nach Fig. 367 von einem Überbrechen oder Absinken aus begonnen und je nach der Erstreckung der Erzmittel an dieser Stelle oder dem Durchsetzen von Störungen ein- oder zweiflügelig geführt.

Der unterste Firstenstoß nimmt die Sohlenstrecke („Feldortstrecke“, „untere Gezeugstrecke“) mit, welche so ausgebaut werden muß, daß sie den in ihrer Firste einzubringenden Versatz tragen kann. Sie wird daher schmal gehalten und infolgedessen in wenig mächtigen Gängen in der vollen Gangmächtigkeit, in mächtigen oder zusammen-



gesetzten Gängen aber am Liegenden aufgefahren. Vielfach legt man im letzteren Falle auch die Feldortstrecke ganz in das liegende Nebengestein (Fig. 316 auf S. 294), um sie möglichst billig ausbauen zu können und sie den Druckwirkungen des Abbaus zu entziehen; die einzelnen Förderrollen (siehe unten) müssen dann durch kurze „Rollenquerschläge" an die

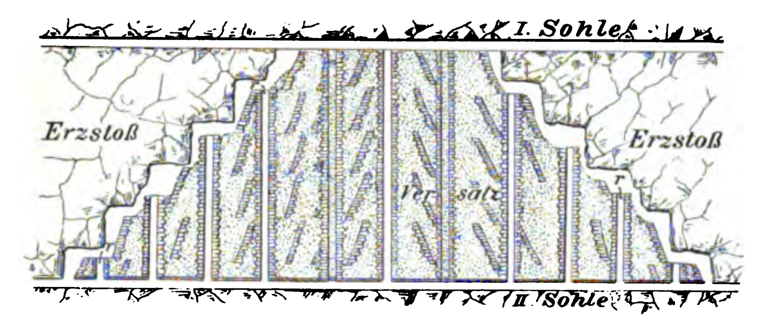
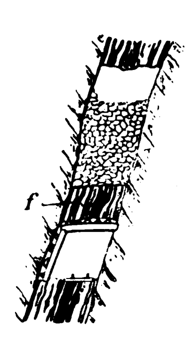


Fig. 367. Schema des Firstenbaus auf Erzgängen.

Strecke angeschlossen werden. Man kann dann die letztere auch geradlinig herstellen, um bei genügend großen Fördermengen in ihr maschinelle Förderung einrichten zu können. Im Gange selbst brauchen hierbei nur „verlorene" Strecken hergestellt zu werden, welche nach dem Erreichen des nächsten Rollenquerschlags abgeworfen werden können.

Das Tragen des Versatzes in der Firste der Feldortstrecke wird durch Stempelschlag oder Mauergewölbe (Fig. 369) ermöglicht. Ein sich auf die Streckensohle oder die eigentliche Streckenzimmerung stützender Ausbau wird zweckmäßig vermieden, da dessen Abfangen beim späteren Abbau des „Deckelstoßes", d. h. der Schwebe unter der Grundstrecke, Schwierigkeiten machen würde. Ist das „Firstenmittel" so erzarm, daß man es nicht abzubauen braucht, so läßt man es wohl bei genügender Festigkeit der Gangmasse in 1—2 m Stärke als Schwebe (*f* in Fig. 368) stehen, so daß diese nunmehr den Versatz trägt und nur leicht unterfangen zu werden braucht.



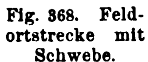


Fig. 368. Feldortstrecke mit Schwebe.

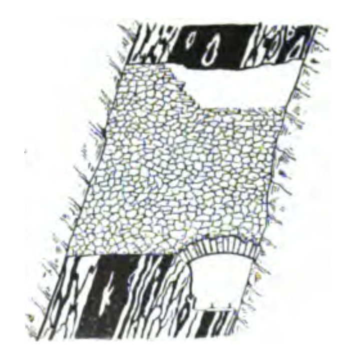


Fig. 369. Feldortstrecke mit Gewölbemauerung.

102. — Abbau der oberen Firsten. Rollenförderung. Der untersten Firste folgen die höheren in Abständen von etwa 5—15 m bei je 3—4 m Höhe nach. Damit werden Förderverbindungen mit der Grundstrecke er-

forderlich. Als solche dienen Rolllöcher („Stürzrollen") r_1 r_2 in Fig. 370, welche von der Kameradschaft der untersten Firste in ihrem Versatz ausgespart und von den Hauern der oberen Firsten dem Vorrücken entsprechend stückweise höher geführt werden, so daß jede Kameradschaft die Rolle, sobald ihr Abbau darüber hinweggeschritten ist, bis zur nächsthöheren Firste weiter verlängert. In genügend mächtigen Gängen können diese Rollen seiger angelegt werden (r_2 in Fig. 370), wodurch einer Verstopfung derselben am besten vorgebeugt und der auf ihnen lastende Druck abgeschwächt wird. Die Rollen können unten geschlossen oder offen sein und im ersteren Falle auf die Feldortstrecke selbst münden, während offene Rollen seitlich der letzteren stehen müssen, um die Förderung in ihr nicht zu stören, und durch Querstrecken (falls die Feldortstrecke am Liegenden aufgefahren wird) oder die vorhin erwähnten Rollenquerschläge (falls die Feldortstrecke in das liegende Nebengestein verlegt wird, I. und II. Sohle in Fig. 370, vergl. auch Fig. 316 auf S. 294) mit der Feldortstrecke verbunden werden.

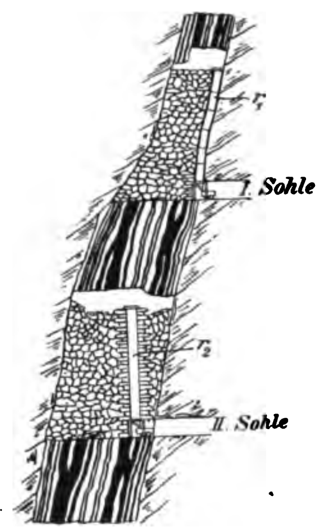


Fig. 370. Stürzrollen beim Erzfirstenbau.

Ausgebaut werden die Rollen mit Schrottzimmerung, Bolzenschrottzimmerung mit starker Verschalung (Fig. 371), Bruch- oder Ziegelsteinmauerung oder mit Eisenblechzylindern, und zwar überwiegt im allgemeinen Bruchsteinauskleidung aus trockenem oder aus Mörtelmauerwerk.

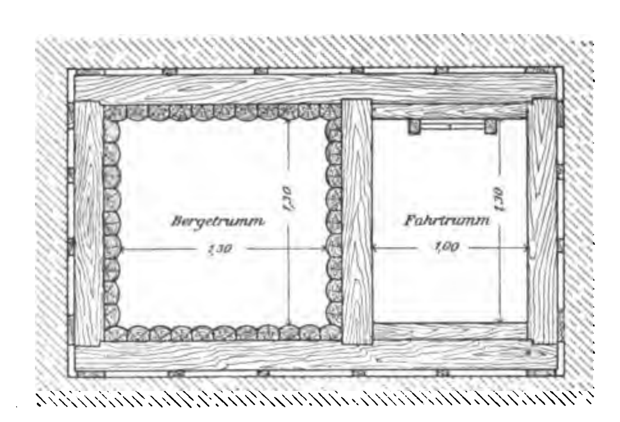


Fig. 371. Bergerolle mit Fahrabteilung.

Die Erzförderung vom Abbaustoß bis zu den Rollen erfolgt unter Benutzung von Kratze und Trog durch kleine Schiebkarren.

Für den Versatz genügt in der Regel das taube Ganggestein, da die Erze meist keine derben Massen von größerer Stärke bilden, sondern in unregelmäßigen Trümmern, Nestern und Schmitzen die Gangmasse durchsetzen, so daß größere Massen tauben Gesteins mit hereingewonnen werden müssen. Etwa noch fehlende Versatzberge müssen von der oberen Gezeugstrecke her zugeführt werden. Zur



Erleichterung der Fahrung vor dem Abbaustoß und zur Verhütung von Erzverlusten durch Vermengung von Erzstücken mit dem Versatz werden vor den Firsten vielfach Treppen aus groben Bergen (Fig. 367) mit Verlettung der Fugen hergestellt. Lassen sich reichere oder besonders wertvolle Erzstufen bereits vor Ort aushalten, so werden diese in Körben u. dergl. vor den Stößen her nach unten gefördert, während die Erzrollen dann nur zum Verstürzen der ärmeren Erze benutzt werden. Fallen zeitweilig Berge im Überschuß, so müssen für diese besondere Bergerollen (Fig. 371) angelegt werden.

Von der unteren Feldortstrecke aus gelangen die Erze entweder zum Hauptförderschacht oder, falls der Firstenbau als Unterwerksbau betrieben wird, zum Hauptabsinken, das dann mit einem Förderhaspel ausgerüstet werden muß.

Der Firstenbau auf steilstehenden Steinkohlenflözen.

103. — Gründe der besonderen Ausgestaltung. Zu einer Abänderung des vorstehend beschriebenen Erzfirstenbaus im Steinkohlenbergbau haben hauptsächlich folgende Gründe geführt:

Zunächst sind beim Steinkohlenbergbau, da der Verhieb erheblich schneller fortschreitet als beim Erzbergbau, größere Mineralmengen als bei diesem durch eine Fördersohle vorzurichten, d. h. die Sohlenabstände wesentlich größer als auf Erzgruben zu nehmen. Ferner muß, während der Abbau auf Erzgängen meist ausreichende Mengen von Versatzgut in dem beim Abbau fallenden tauben Gestein liefert, in Steinkohlenflözen auf Zuführung fremder Berge beim Firstenbau gerechnet werden, zumal ja außer der unteren und oberen Sohlenstrecke mit ihrem etwaigen Bahnbruch keine Vorrichtungstrecken getrieben werden, welche Versatzberge liefern könnten. Diese von oben herbeizuschaffenden fremden Berge aber müssen, dem schnellen Vorrücken des Abbaustoßes entsprechend, möglichst schnell und außerdem, da die Kohle als verhältnismäßig geringwertiges Mineral keine Belastung durch hohe Nebenkosten erträgt, mit möglichst wenig Kosten an Ort und Stelle geschafft werden können. Auch ist beim Steinkohlenbergbau der Gebirgsdruck meist stärker als beim Erzbergbau. Dazu kommt, daß für den Steinkohlenbergmann sehr viel auf möglichst weitgehende Verhütung von Kohlenstaubentwickelung ankommt.

Daraus ergibt sich in erster Linie die Unzweckmäßigkeit der im Erzfirstenbau so vorteilhaft verwendeten Stürzrollen für den Steinkohlenbergbau, namentlich bei geringeren, etwa 50—60° betragenden Fallwinkeln. Nicht nur werden dieselben wegen des großen Sohlenabstandes, auch wenn Teilsohlen eingelegt werden, und wegen der flacheren Neigung, welche im Verein mit der geringen Mächtigkeit der Flöze die Herstellung seigerer Rollen ausschließt, länger als beim Erzbergbau, sondern sie haben auch stärker unter dem Gebirgsdruck zu leiden und setzen sich wegen ihrer flacheren Neigung leichter zu, namentlich bei berieselter, feuchter Kohle und Wellen in der Falllinie; außerdem verursachen sie eine lästige und bedenkliche Staubentwickelung. Die Schwierigkeiten der Rolllochförderung haben im belgischen Bergbau, welcher sich noch verschiedentlich der Rollen



bedient, zur Heranbildung einer besonderen Klasse von Arbeitern geführt, deren Aufgabe die Freimachung verstopfter Rolllöcher ist.[1])

Mußten hiernach für die Kohlenförderung zweckmäßigere Mittel gefunden werden, so war bei der Bergezuführung von oben eine langwierige Herabschaufelung der Berge von Absatz zu Absatz nach unten von vornherein ausgeschlossen; es mußte vielmehr ein einfaches Nachstürzen der Berge durch die Schwerkraft ermöglicht werden.

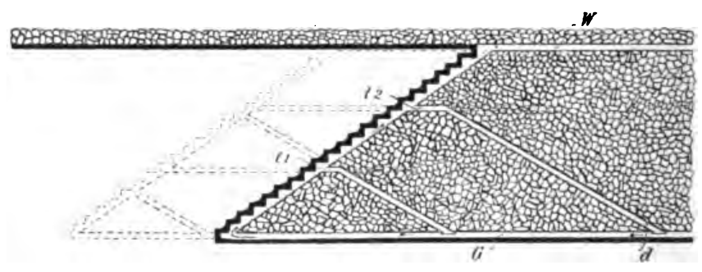


Fig. 372. Firstenbau mit Förderdiagonalen.[2])

Für die Kohlenabförderung hat man verschiedentlich nach der in Fig. 372 dargestellten, im belgischen Bergbau noch anzutreffenden Weise Diagonalen *d* im Versatz ausgespart; dieselben wurden mit dem Vorrücken des Abbaustoßes nach und nach verlängert und dann durch streichende Teilstrecken t_1 t_2 mit den über ihnen liegenden Firsten verbunden. Anderwärts haben sich aber diese Diagonalen wegen der Beschwerlichkeit der Förderung in ihnen und wegen der Schwierigkeiten und Kosten, die ihr Offenhalten im Versatz erforderte, nicht bewährt.

104. — Westfälischer Firstenbau. Als zweckmäßigstes Verfahren muß heute die im Ruhrkohlenbergbau übliche und auch in anderen Be-

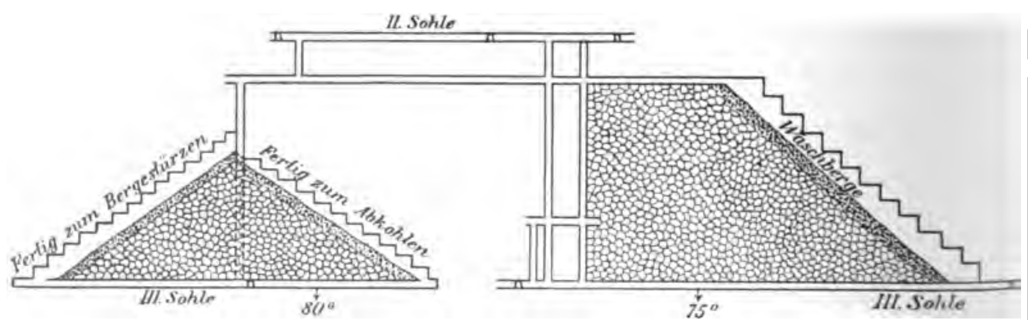


Fig. 373.[3]) Firstenbau ohne Rutschen im Anfang und im vollen Betriebe.

zirken mit gutem Erfolge angewandte Ausbildung des Firstenbaus nach den Figuren 373 und 374 bezeichnet werden. Dieser Abbau ist dadurch

[1]) Haton de la Goup., Bd. II, 1907, S. 63.
[2]) Nach Demanet, Betrieb der Steinkohlenbergwerke. Deutsch von Dr. W. Kohlmann und H. Grahn, S. 609.
[3]) Sammelwerk, Bd. II, S. 263.

gekennzeichnet, daß sowohl Kohlen als Versatzberge auf genügend steilen Böschungen herunterrutschen. Dabei sind zwei verschiedene Verfahren üblich. Entweder nämlich läßt man nach Fig. 373 die Kohlen unmittelbar auf dem Versatz selbst herabgleiten und bringt in diesem Falle, um Kohlenverluste und Verunreinigung der Kohlen zu vermeiden, auf die groben Berge eine Lage feinkörniger Waschberge oder eines ähnlichen, nach kurzer Zeit eine feste und glatte Oberfläche bildenden Versatzgutes. Oder man stellt nach Fig. 374 eine dem Vorrücken des Abbaustoßes folgende Holzrutsche her, hinter welcher die Versatzberge verstürzt werden. In beiden Fällen erfolgt die Einbringung des Versatzes einfach von der oberen streichenden Begrenzungstrecke aus mit Hilfe von Kopfkippern, fahrbaren Kreiselwippern und anderen Vorrichtungen (siehe oben S. 335 u. f.). Das Verfahren nach Fig. 373 ist einfacher und billiger. Es bietet außerdem den Vorteil, daß die Zerkleinerung der Kohle und die Staubbildung verringert wird, weil die Kohle weniger hart fällt und durch das Wasser in den Waschbergen etwas feucht gehalten wird. Auch läßt sich ein großer Teil des Holzes — günstige Druckverhältnisse vorausgesetzt — wieder gewinnen, indem vor dem Nachstürzen des Versatzes jedesmal die letzte Stempelreihe vor der Versatzböschung nach Möglichkeit geraubt wird. Anderseits macht dieser Firstenbau ohne Holzrutsche eine Trennung der Kohlengewinnung von der Bergezuführung erforderlich, da nicht gleichzeitig Kohlen gefördert und Berge verstürzt werden können, vielmehr erst eine Zeitlang das eine und dann das andere erfolgen muß. Es wird daher die Festigkeit des Hangenden stärker auf die Probe gestellt, auch eine größere Aufmerksamkeit in der richtigen Führung des Betriebes erfordert, da der durch Stundung des Verhiebs eines Firstenbaus entstehende Förderausfall durch rechtzeitigen Wiederbeginn der Förderung anderer Bauabteilungen ausgeglichen werden muß, wenn eine gleichmäßige Förderung geliefert werden soll. Die Länge, auf welche der Kohlenstoß bis zum Nachstürzen neuen Versatzes vorrücken kann, richtet sich nach der Festigkeit des Hangenden und kann bei guter Beschaffenheit desselben etwa 8 m betragen.

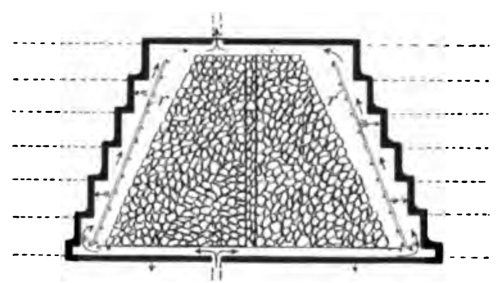


Fig. 374. Firstenbau mit Kohlenrutschen.

Bei dem Firstenbau mit Holzrutsche können Kohlenhauer und Bergeschlepper auf demselben Flügel gleichzeitig arbeiten; man erzielt also einen gleichmäßigeren Betrieb und kann auch ein Flöz mit etwas schlechterem Hangenden abbauen, indem man den Versatz möglichst dicht beihält. Die Kosten der Rutsche sind nicht erheblich, da sie mehrere Male Verwendung finden kann, die Wiedergewinnung von Holzausbau ist allerdings nicht möglich.

Die Höhen der einzelnen Firstenstöße und ihre streichenden Abstände schwanken in den Grenzen 3 und 15 m. Man wählt gern niedrige Stöße,

um eine größere Anzahl von Angriffspunkten zu erhalten. Im übrigen muß auf die Flözneigung Rücksicht genommen werden; fällt das Flöz ziemlich flach, d. h. mit etwa 45—50° ein, so werden die Stöße höher und die Absätze schmaler genommen (Fig. 375 *a*), um die Versatzböschung genügend steil für das Rutschen machen zu können, ohne unten eine zu große Fläche des Hangenden freilassen zu müssen, wogegen man in steilstehenden Flözen breite und niedrige Stufen (Fig. 375 *b*) zu bilden pflegt.

Fig. 375. Verschiedene Stellung des Abbaustoßes und Treppenrutsche beim Firstenbau.

Die Hauer stehen während ihrer Arbeit auf Bühnen, die sie nach Bedarf höher oder tiefer legen (*b* in Fig. 376).

Während des Ansetzens eines Firstenbaus, welches Fig. 373 links veranschaulicht, muß die Zuführung der Versatzberge, da der Abbaustoß noch nicht die obere Sohle erreicht hat, durch ein in dem Vorrichtungüberhauen abgekleidetes Rollloch erfolgen. Das Überhauen selbst kann, wie diese Figur erkennen läßt, später zugestürzt werden.

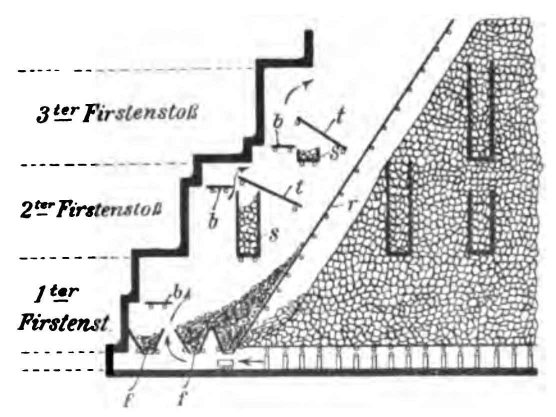


Fig. 376. Firstenbau mit „Bergesäcken".

105. — Besonderheiten beim Steinkohlen-Firstenbau. Führt das Flöz ein Bergmittel, so kann man die Kohlenrutsche nach Fig. 375 *b* aus einzelnen dachziegelartig übereinander liegenden Teilstücken zusammensetzen, durch deren Zwischenräume hindurch die Hauer die auf ihren Arbeitsbühnen ausgehaltenen Berge in den Versatz werfen können. Ein anderes, auf Zeche Consolidation benutztes Mittel,[1]) welches auch beim Firstenbau ohne Rutschen anwendbar ist, besteht darin, daß besondere „Bergesäcke" *s* hergestellt werden, gebildet aus Holzbühnen mit Seitenverschlägen aus Versatzleinen, welche die Berge des Mittels aufnehmen und außerdem eine gute Unterstützung des Hangenden liefern, so daß die Steinfallgefahr verringert und an Holz gespart wird.

Die Kohlen rutschen nach Fig. 376 der Hauptrutsche über die schrägen Hilfsbühnen *t* hinweg zu. Sie werden hier wie überall in einem oder mehreren Holztrichtern *f* gesammelt. Um für die unterste Firste ebenfalls die Möglichkeit eines bequemen Einladens der Kohlen zu

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wesen, Bd. 54, 1906, S. 234.

schaffen, auf der anderen Seite aber den Wetterzug nicht zu behindern, wird zweckmäßig, wie die Figur zeigt, für diesen Stoß ein besonderer Trichter mitgeführt. Beim Vorhandensein einer Holzrutsche muß die Firste der Grundstrecke zwischen Rutsche und Trichter wetterdicht abgedeckt werden (siehe die Figur), damit nicht der Wetterstrom sich hinter der Rutsche seinen Weg sucht.

Was die flache Höhe eines Firstenbaus betrifft, so kann man bei gutem Gebirge die ganze Bauhöhe zwischen 2 Sohlen mit einem Abbaustoße angreifen, so daß dieser dann 100—150 m flache Höhe erhalten kann. Jedoch werden meistens, namentlich bei druckhafterem Gebirge oder größerer Flözmächtigkeit, die Bauhöhen geringer (etwa 30—50 m) genommen. In letzterem Falle läßt der Abbau sich über mehreren Teilsohlen gleichzeitig betreiben; es muß dabei jede Teilstrecke die Kohlenabfuhr des über ihr und die Bergeversorgung des unter ihr liegenden Firstenbaus vermitteln, sie wird daher zweckmäßig söhlig aufgefahren.

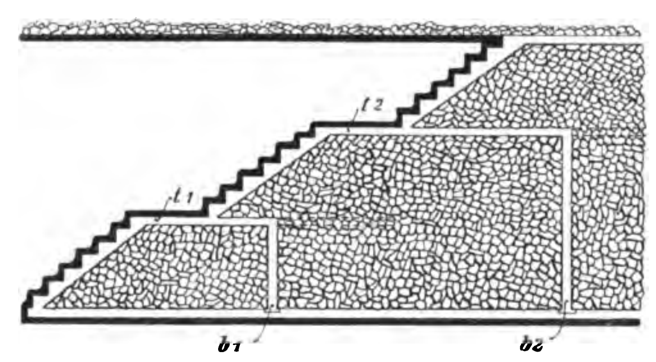
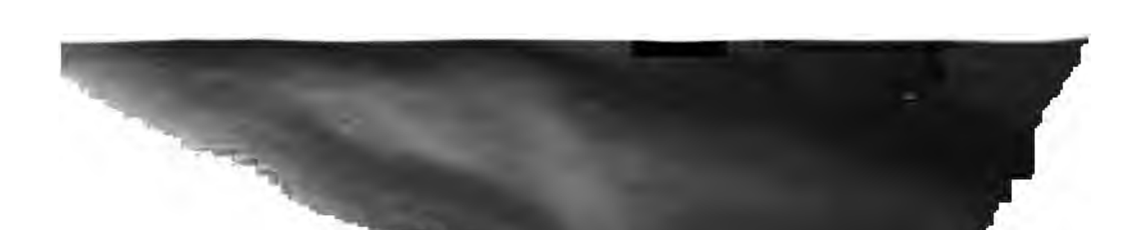


Fig. 377. Firstenbau mit Teilsohlen und Rolllöchern.

Der Firstenbau nimmt dann die Gestalt des in Fig. 356, S. 340, dargestellten streichenden Strebbaus an. — Eine andere Art dieses Firstenbaus mit Teilsohlen zeigt Fig. 377; hier werden, um die Teilsohlenstrecken t_1 t_2 nicht zu lange offen halten zu müssen, von Zeit zu Zeit im Versatze Rolllöcher b_1 b_2 ausgespart, so daß sich ein zwischen Strebbau und Firstenbau mit Rolllöchern stehendes Abbauverfahren ergibt.

d) Der Stoßbau.

106. — Wesen und Einteilung. Während alle bisher besprochenen Abbauverfahren die Lagerstätte in langer, wenn auch meist gebrochener Linie angreifen, wird beim Stoßbau immer nur ein verhältnismäßig schmaler Streifen in Angriff genommen und längs des anstehenden Teils der Lagerstätte gleichsam „abgeschält". Aus dieser Eigenart des Stoßbaus folgt die weitere Besonderheit, daß mit dem fortschreitenden Verhiebe eines Stoßes auch die zugehörige Abbaustrecke abgeworfen, d. h. mit versetzt werden kann, da sie dann ihren Zweck erfüllt hat. Der Bergeversatz wird also vollständig, wie beim Firstenbau. Auch der Stoßbau kann streichend und schwebend geführt werden.



Der streichende Stoßbau.

107. — Gewöhnliches Verfahren. Beim streichenden Stoßbau bildet das in den Figuren 378 und 379 dargestellte Verfahren die Regel. Es werden nämlich gewöhnlich 2 Förderstrecken benutzt, von welchen die obere, mit dem Stoß neu aufgefahrene, für die Zuführung der Versatz-

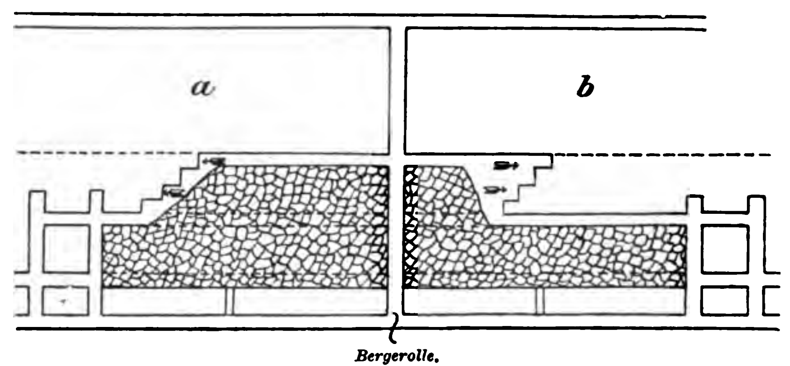


Fig. 378.[1]) Schema eines 2-flügeligen streichenden Stoßbaus. Kohlenbremsberge an beiden Seiten.

berge, die untere, vom vorigen Stoß herrührende, für die Wegförderung der Kohlen dient. Jede Strecke ist also in der ersten Hälfte ihres Bestehens Berge-, in der zweiten Hälfte Kohlenförderstrecke; da aber Kohlen- und Bergewagen sich in derselben Richtung bewegen, so können die Strecken mit Gefälle hergestellt werden. Wie die Figuren ferner erkennen

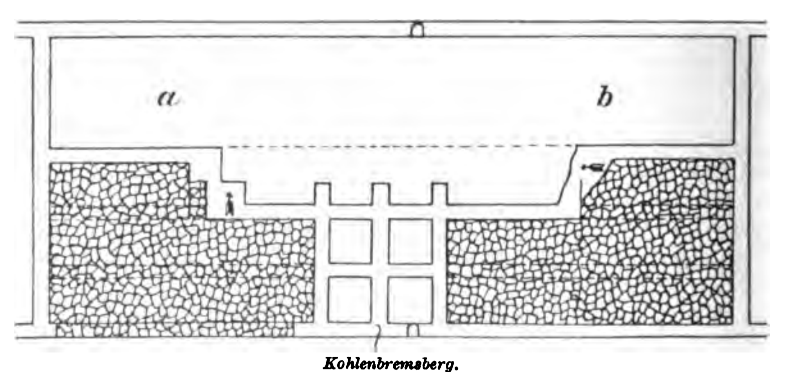


Fig. 379. Schema eines 2-flügeligen streichenden Stoßbaus. Kohlenbremsberg in der Mitte.

lassen, kann der Abbau zweiflügelig betrieben werden, und zwar entweder von der Mitte nach der Grenze des Baufeldes (wenn nach Fig. 378 der Bergebremsberg in der Mitte steht, während die Kohlenbremsberge an den Grenzen hergestellt werden), oder umgekehrt (Kohlenbremsberg nach Fig. 379 in der Mitte, Bergebremsberge an beiden Seiten). Wird der Stoßbau in größerem Maßstabe betrieben (Fig. 381—383), so rücken nach

[1]) Fig. 378, 379, 381 und 383 siehe Sammelwerk, Bd. II, S. 156 und 157.

der anderen Seite der Kohlenbremsberge bezw. der Bergebremsberge ebenfalls Stöße zu Felde, denen wieder andere entgegengetrieben werden; es wechseln dann einfach Kohlen- mit Bergebremsbergen ab. Die Kohlenbremsberge, sowie die neben ihnen etwa angelegten Fahrüberhauen (siehe die Figuren) können, dem Fortschreiten des Abbaus von unten nach oben entsprechend, stückweise verlängert werden; sollen jedoch über einer oder mehreren Teilsohlen gleichzeitig andere Stöße in Angriff genommen werden (Fig. 381 und 385), so muß naturgemäß der Kohlenbremsberg gleich bis zur obersten Teilsohle hergestellt werden, falls nicht, wie Fig. 382 veranschaulicht, die Teilsohlen durch Ortquerschläge mit den Bremsbergen eines Nachbarflözes oder mit einem Stapelschacht in Verbindung stehen. — Die Bergebremsberge werden, je nachdem die Berge

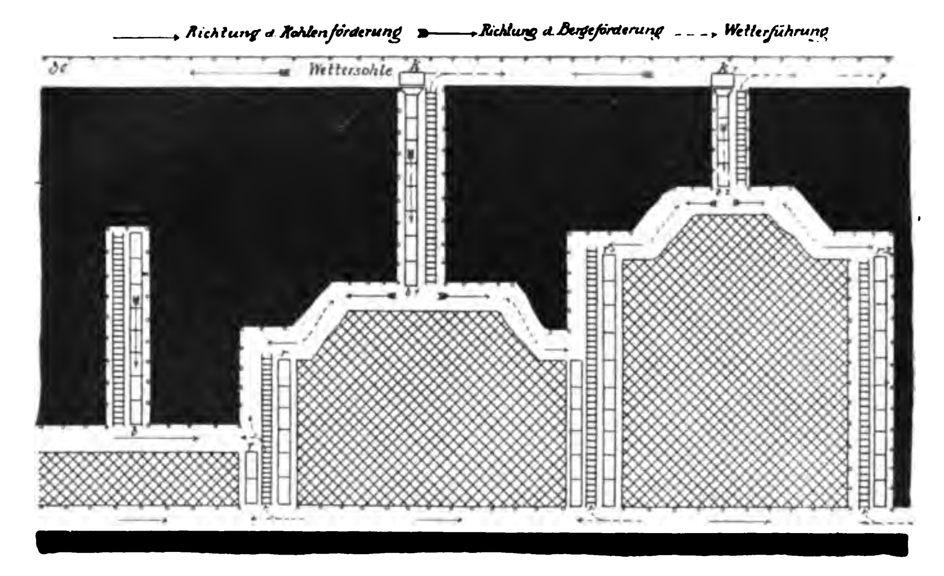


Fig. 380. Stoßbau bei steiler Lagerung mit Förderung durch geschlossene Rutschen der Firma Würfel & Neuhaus in Bochum.

von oben oder von unten oder teils von oben und teils von unten zugeführt werden müssen, mit einfacher Bremse oder mit vereinigter Brems- und Haspeleinrichtung versehen; für die Förderung von oben zieht man vielfach auch Rolllöcher vor. Diese, sowie die lediglich von oben Berge zuführenden Bremsberge können mit dem Höherrücken des Abbaus stückweise mit versetzt und abgeworfen werden.

Eine einfache und billige Förderung ergibt sich, wenn man die bei Kohlen mit dem Rolllochbetrieb verbundenen Übelstände mit in den Kauf nimmt und Berge- sowohl wie Kohlenförderung durch geschlossene Rutschen nach Fig. 380 erfolgen läßt.

108. — Verschiedenheiten beim streichenden Stoßbau. Für die Bemessung der Stoßhöhe oder -Breite sind die früher (S. 311 u. f.) erörterten Rücksichten auf Lagerung, Gebirgsbeschaffenheit und Förderung maß-

gebend. Der Bergefall beim Bahnbruch, der beim Strebbau von Bedeutung ist, spielt hier nur eine untergeordnete Rolle, da der Stoßbau wegen des Mitversetzens der Strecken vorwiegend auf die Zuführung fremder Berge zugeschnitten ist. Zwei Grenzfälle werden durch die Figuren 381 und 382 veranschaulicht. Der in Fig. 381 dargestellte Stoßbau, welcher in einem steilgelagerten Flöz von großer Mächtigkeit umgeht (siehe das Profil) hat Stöße von nur Streckenhöhe, so daß die Zimmerungen der neuen Strecke

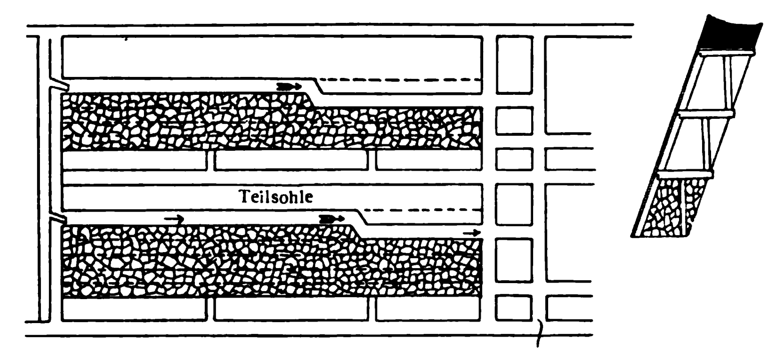


Fig. 381. Stoßbau mit Stößen von Streckenhöhe.

unmittelbar auf diejenigen der alten zu stehen kommen; man erhält so den sog. „Stoßortbetrieb“. Dagegen wird nach Fig. 382 in einem Flöz mit gutem Gebirge die ganze flache Bauhöhe zwischen 2 Sohlen in nur 3 Stoßhöhen eingeteilt; es ergeben sich auf diese Weise sehr hohe Stöße (30—40 m), welche der größeren Sicherheit halber mit Rücksicht auf das steile Einfallen in strossenbauartigem Verhiebe gewonnen werden.

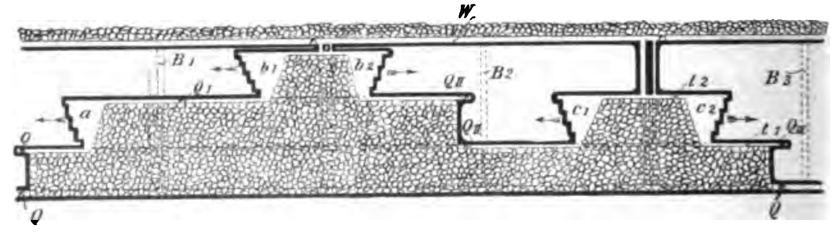


Fig. 382. Stoßbau bei steiler Lagerung mit strossenbauartig abgesetzten hohen Stößen.

Weitere Unterschiede leiten sich her aus der verschiedenen Einrichtung der Kohlen- und Bergeförderung. Ist nämlich das Einfallen flach oder handelt es sich bei steiler Lagerung um Stöße von nur Streckenhöhe, so kann man statt der 2 Abbaustrecken für jeden Stoß auch mit der oberen Strecke allein auskommen, so daß diese für die Kohlen- und Bergeförderung gleichzeitig benutzt wird und Kohlen und Berge auf ihr in entgegengesetzten Richtungen gefahren werden. Die Strecken werden dann zweckmäßig „totsöhlig“ hergestellt. Man braucht hierbei also die untere Strecke nicht mehr für die Förderung offen zu halten, sondern ihr nur einen für die Wetterführung ausreichenden Querschnitt zu bewahren; auch fällt die

Hälfte der Bremsberge fort, da ein und derselbe Bremsberg gleichzeitig der Kohlen- und Bergeförderung dient; an den Grenzen des Baufeldes brauchen nur Wetterüberhauen ausgespart zu werden. Daher eignet sich dies Verfahren besonders für druckhaftes Gebirge. Fig. 383 veranschaulicht einen derartigen Abbau, der als eine Art Unterwerksbau ausgebildet ist; die Kohlen- und Bergeförderung wird durch Abhauen vermittelt, welche von der oberen Sohle aus niedergebracht sind. Die Stöße werden hier der Richtung der Schlechten wegen abfallend verhauen; der abfallende Verhieb ist bei dem Vorhandensein nur einer Strecke dem schwebenden vorzuziehen, da bei letzterem die Kohlen- und Bergeförderung sich durchkreuzen würden, während sie bei der in der Figur dargestellten Verhiebweise nebeneinander hergehen. — Auch in Fig. 385 ist nur je eine Strecke und dementsprechend auch nur ein Bremsberg für Kohlen- und Bergeförderung vorhanden.

Den **Bergeversatz** kann man, wenn der Abbaustoß unten vorgestellt wird, bei genügend steilem Einfallen nach dem natürlichen Böschungswinkel herunterrollen lassen. Wird der Stoß oben vorangestellt (Fig. 382), so bleiben hierbei, da der Hohlraum sich nach oben hin erweitert, größere Flächen des Hangenden ohne Unterstützung. Da das bei druckhaftem Gebirge zu bedenklich ist, so bringt man hier den Versatz in schwebenden, rechteckigen Streifen ein, deren Abgrenzung nach dem Stoß hin durch einen Verschlag gebildet wird. Dieser kann aus Brettern oder aus dem billigeren Versatzleinen (v in Fig. 384) gebildet werden, welches unter dem Hangenden und am Liegenden, bei größerer Flözmächtigkeit auch noch in der Mitte der Mächtigkeit, an Brettern b befestigt

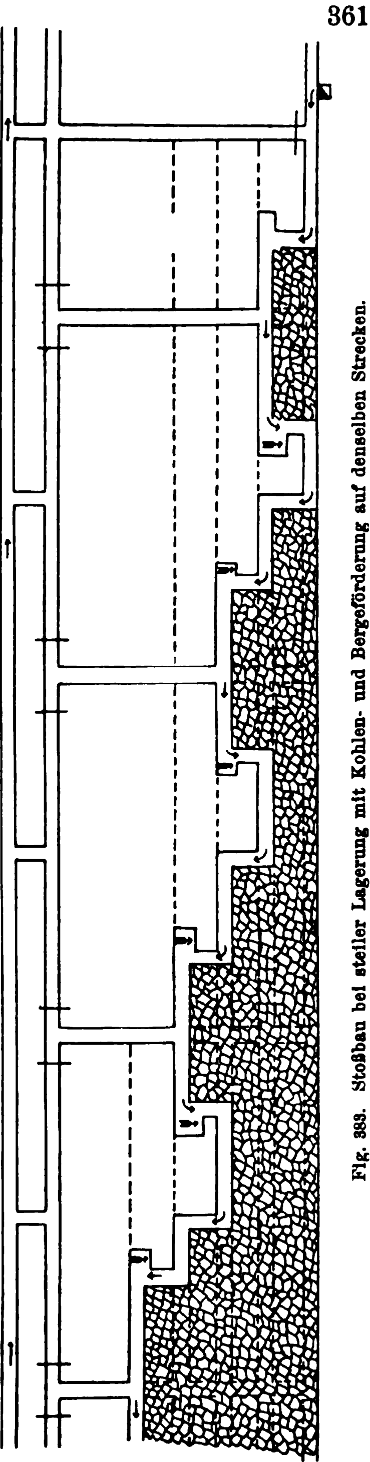


Fig. 383. Stoßbau bei steiler Lagerung mit Kohlen- und Bergeförderung auf denselben Strecken.

wird, die ihrerseits an die Stempel genagelt sind. Vielfach wird das Versatzleinen auch noch durch Drähte oder die Litzen abgelegter Drahtseile *l* verstärkt.

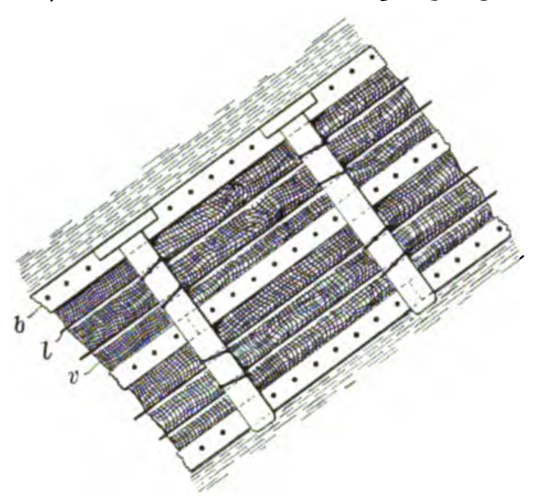


Fig. 384. Halten des Versatzes durch Versatzleinen.

109. — Erhöhung der Fördermenge beim Stoßbau. Ein Übelstand des Stoßbaus, der sich bemerklich macht, wenn man in größerem Maßstabe zu diesem Abbauverfahren übergehen will, ist die aus der geringen Zahl von Angriffspunkten sich ergebende Schwierigkeit, eine genügende Förderleistung zu erzielen. Man kann diesem Nachteil außer durch möglichst reichliche Bemessung der Höhe des einzelnen Stoßes besonders durch Abkürzung der Baulängen, d. h. durch weitgehende Zerlegung eines

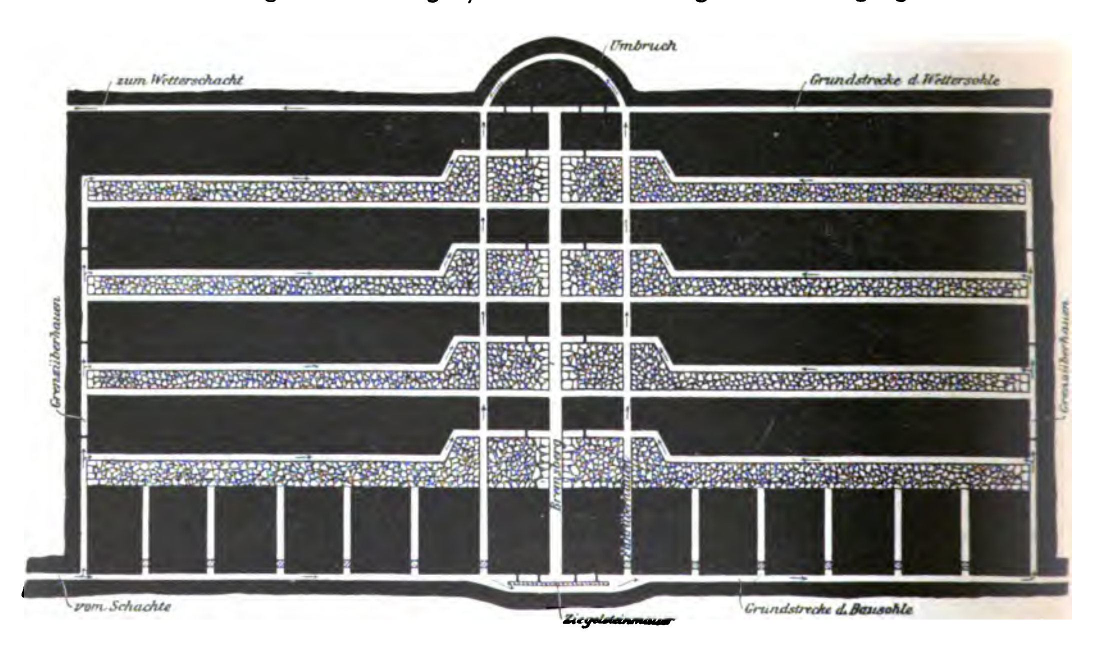


Fig. 385.[1]) Stoßbau über 4 Teilsohlen bei flacher Lagerung. Berge- und Kohlenförderung auf denselben Strecken.

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 169.

größeren Baufeldes in streichende Abschnitte und durch Einlegung von Teilsohlen, also durch Zerlegung des Baufeldes in schwebende Abschnitte, begegnen. Das erstere Mittel wird durch die bereits oben erwähnten Figuren 382 und 383 veranschaulicht. Dieselben lassen erkennen, daß man die einzelnen streichenden Abschnitte nacheinander in solchen Zeitabständen in Angriff nimmt, daß die vorhergehende Bauabteilung der nachfolgenden immer um eine Stoßhöhe voraus ist. Dadurch wird eine zu schnelle Entfesselung des Gebirgsdruckes verhütet. Zu Fig. 382 ist außerdem noch zu bemerken, daß die Querschläge auf der Wettersohle (W) für die Zuführung der Versatzberge dienen und daher gegen die zur Kohlenförderung bestimmten Querschläge Q, QI, QII, $QIII$ auf der Fördersohle und den beiden Teilsohlen versetzt sind; die ersteren Querschläge führen zu den im Flöze selbst hergestellten Bergestürzrollen, die letzteren zu den im Nachbarflöz aufgefahrenen Bremsbergen B_1—B_3. Auch zeigt diese Figur, daß nicht nur die Abbaustrecken, sondern auch die Grundstrecken mit versetzt werden können, wenn, wie das hier der Fall ist, die Fördermassen gleich durch Querschläge abgefahren werden. — In Fig. 383 sind in verhältnismäßig geringen Abständen 7, in Fig. 382 5 Stöße (a, b_1, b_2, c_1, c_2) gleichzeitig im Verhieb begriffen. Durch diese kürzere Bemessung der Flügellängen wird auch dem Bestreben des Hangenden entgegengewirkt, am Bergeversatz entlang durchzubrechen und so sich in einzelne, den Stößen entsprechende Streifen zu zerlegen, was sowohl auf den Abbau als auch auf die Tagesoberfläche ungünstig einwirkt. Man kann bei hinreichend festem Hangenden schon wieder vorn beginnen, ehe ein solches Durchbrechen eingetreten ist.

Das zweite Mittel zur Erhöhung der Förderleistung, die Zerlegung des Baufeldes nach dem Einfallen, wird durch Fig. 385 veranschaulicht, welche den gleichzeitigen Verhieb von 8 Stößen über 4 Teilsohlen schematisch darstellt. Auch Fig. 381 auf S. 360 zeigt eine solche Zerlegung, allerdings sind hier nur 2 Stöße übereinander gleichzeitig im Bau, welche ihre Versatzberge aus einem gemeinsamen Rollloch erhalten.

Faßt man den Abbaubetrieb einer Grube im ganzen ins Auge, so ergibt sich außerdem noch die Möglichkeit, durch gleichzeitigen Abbau in mehreren Nachbarflözen eine größere Anzahl von Stößen belegen und so die Kohlenförderung steigern zu können. Die Stöße in den einzelnen Flözen folgen sich dann in immer geringeren Höhenlagen in ähnlicher Abstufung, wie sie Fig. 383 erkennen läßt.

110. — Bewetterung der Stöße beim streichenden Stoßbau. Die Wetterführung ist beim streichenden Stoßbau einfach, indem die Wetter durch die Bremsberge oder Fahrüberhauen zu- und abgeführt werden und ohne besondere Maßregeln die Stöße bestreichen. Die dem Stoßbau eigentümliche Trennung der einzelnen Betriebspunkte voneinander ist insofern günstig für die Bewetterung, als sie eine weitgehende Teilung des Wetterstromes, d. h. eine Zerlegung in viele einzelne Wetterabteilungen, mit sich bringt. Auf Schlagwettergruben jedoch, in denen der Wetterstrom stets aufwärts geführt werden muß, ergibt sich hieraus eine ungünstige Zersplitterung des Stromes, da z. B. ein zweiflügeliger Stoßbau 2 getrennte Wetterströme erfordert und infolgedessen beim Vorhandensein einer größeren

Anzahl von Abbaubetrieben viele Abschluß- und Verteilungseinrichtungen für die Wetterführung notwendig werden, deren Überwachung und Instandhaltung schwierig ist. Durch Zerlegung des Baufeldes wird dieser Übelstand etwas behoben; so z. B. können bei dem Abbau nach Fig. 382 auf S. 360 alle in demselben Bauflügel übereinander ins Feld rückenden Stöße (bei dem derzeitigen Stande des Abbaus allerdings nur die Stöße a und b_1) nacheinander von einem und demselben Wetterstrom bestrichen werden, und ebenso genügt für jeden, 4 Stöße aufweisenden Bauflügel der Fig. 385 ein gemeinsamer Strom, der jedoch hier, wie in der Figur angedeutet ist, zweckmäßig in 4 Parallelströme zerlegt wird. — Am einfachsten gestaltet sich die Bewetterung, wenn wie in Fig. 383 bei Fehlen von Schlagwetterentwickelung oder in ganz flachgelagerten Flözen beide Flügel eines Stoßbaus von demselben Wetterstrom bestrichen werden können; man kann dann mit einem größeren Teilstrom für eine beliebige Anzahl von Stößen auskommen.

Der schwebende Stoßbau.

Der schwebende Stoßbau nimmt je nach der Flözneigung verschiedene Gestalt an, so daß er für flache und steile Lagerung gesondert besprochen werden muß.

111. — **Schwebender Stoßbau in flachgelagerten Flözen** (Fig. 386). Der Abbau ist an der Hand der Figur ohne weiteres verständlich. Zu jedem der schwebend vorrückenden Stöße gehört eine nach unten (rechts in der Figur) und eine nach oben (links) führende Förder-, Fahr- und Wetterstrecke. Dem Fortschreiten des Abbaus entsprechend wird die erstere immer länger, die letztere, welche versetzt wird, immer kürzer. Dient die nach oben führende Strecke zur Bergeförderung, so werden ihre Schienen in dem Maße, wie sie hier entbehrlich werden, in die untere Strecke gelegt. Die Figur läßt gut erkennen, wie beim schwebenden Stoßbau durch Einlegung einer größeren Zahl von Teilsohlen ohne große Schwierigkeiten und mit kurzen Wetterwegen, also günstiger Wetterführung, eine größere Fördermenge beschafft werden kann.

Die Breite der Stöße kann hier, falls nicht die Flözmächtigkeit und das Einfallen gestatten, mit Förderwagen am Abbaustoß entlang zu fahren, nicht so groß genommen werden, wie etwa beim schwebenden Strebbau, weil die schwebenden Förderstrecken nicht in die Mitte der Stöße gelegt werden können.

Die Zuführung fremder Berge kann zur Not auch von unten erfolgen, stößt jedoch dann auf dieselben Schwierigkeiten wie beim schwebenden Strebbau.

112. — **Schwebender Stoßbau bei steiler Lagerung.** In steil aufgerichteten Flözen läßt der schwebende Stoßbau sich nicht in der eben geschilderten Weise durchführen, da das Einbringen des Versatzes bei gleichzeitiger Kohlengewinnung und Förderung zu große Schwierigkeiten bieten würde. Man verfährt deshalb in der Weise, daß man die gewonnenen Kohlen einstweilen im Abbauhohlraum liegen läßt und nur die infolge der Auflockerung hier nicht Platz findenden Kohlenmengen abfährt. So ergibt sich das durch die Figuren 387 und 388 dargestellte Verfahren.

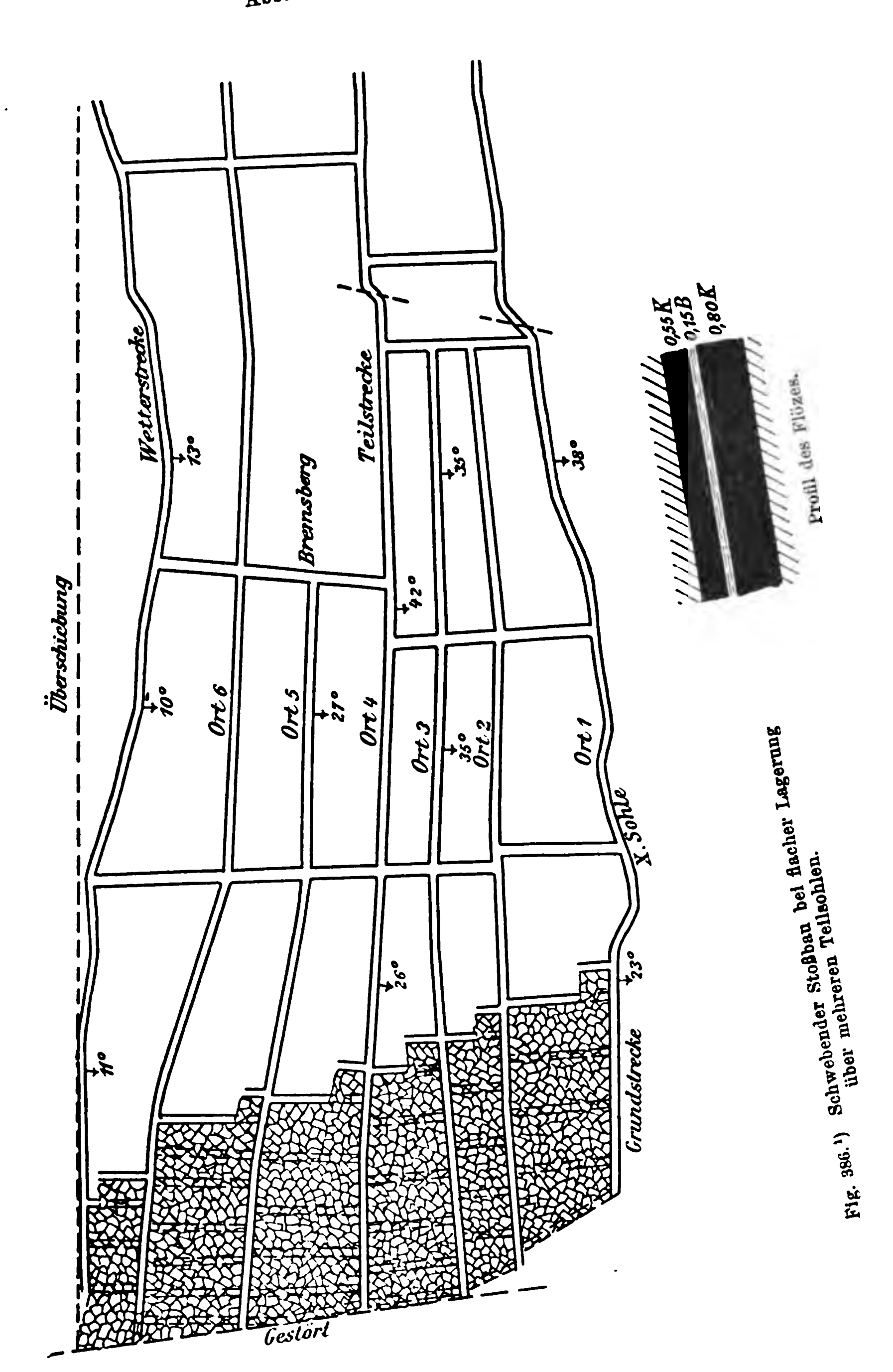


Fig. 386.[1]) Schwebender Stoßbau bei flacher Lagerung über mehreren Teilsohlen.

[1]) Sammelwerk, Bd. II, S. 190.

Die Hauer nehmen einen Bretterverschlag mit hoch, der unten durch mehrere Fülltrichter mit Schiebern abgeschlossen wird und zunächst zur Aufnahme der Kohlen dient; zwischen Verschlag und seitlichem Kohlenstoß bleibt ein Raum für das Fahr- und Wetterüberhauen frei. Ist der Stoß an der Teilsohle oder oberen Sohle angekommen, so werden die Kohlen aus dem Verschlage abgezogen und abgefördert, und es folgt nunmehr das Verstürzen des durch den neueren und den früheren Verschlag abgekleideten Hohlraumes mit Bergen von oben her. Während dieser Arbeit kann bereits die Inangriffnahme des nächsten Stoßes erfolgen.

Die Breite der Stöße sowie ihre Höhe, d. h. der Abstand der Sohlen- und Teilsohlenstrecken voneinander, hängt von der Festigkeit des Hangenden ab. Es muß nicht nur ein Zubruchgehen des Hangenden, sondern auch

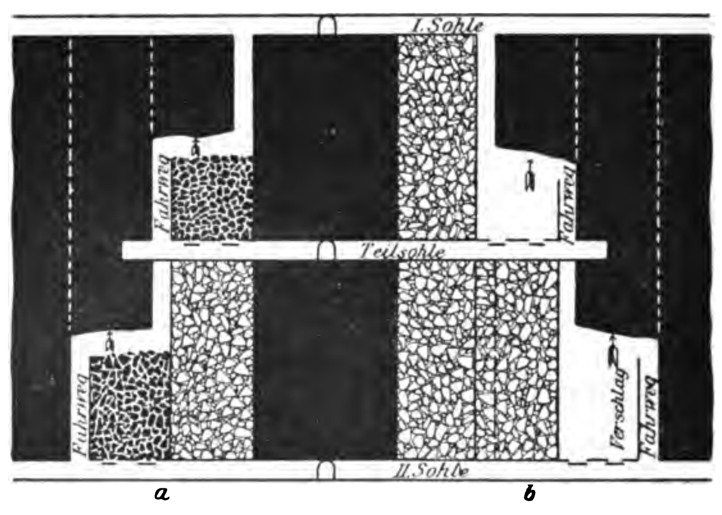


Fig. 387.[1]) Schema eines schwebenden Stoßbaus auf 2 Flügeln bei steiler Lagerung.

ein Setzen desselben auf die im Verschlag lagernden Kohlen verhütet werden, da sonst die Kosten für deren Gewinnung doppelt gezahlt werden müssen und doch nicht alle Kohlen mehr gewonnen werden können.

Ist das Gebirge genügend zuverlässig, so kann sogar mit je 2 Stößen nebeneinander (Fig. 388) vorgegangen werden. Dadurch, sowie durch die Einlegung von Teilsohlen nach Fig. 387 läßt sich die Kohlenlieferung auf eine befriedigende Höhe bringen. Jedoch ist hier die Kohlenabfuhr noch ungleichmäßiger als beim Firstenbau ohne Rutsche, da beim schwebenden Stoßbau nicht nur 2, sondern unter Umständen sogar 3 Betriebsperioden (Förderung der mäßigen überschüssigen Kohlenmengen, Förderung großer Massen während der Entleerung der Verschläge, Unterbrechung der Kohlenförderung durch das Einbringen des Versatzes) zu unterscheiden sind. Es muß daher hier mit besonderer Sorgfalt darüber gewacht werden, daß durch eine genügende Anzahl gleichzeitig vorrückender, aber in ver-

[1]) Fig. 387 und 388 siehe Sammelwerk, Bd. II, S. 195.



schiedenen Betriebsperioden
geschaffen und eine gleich
möglicht wird.

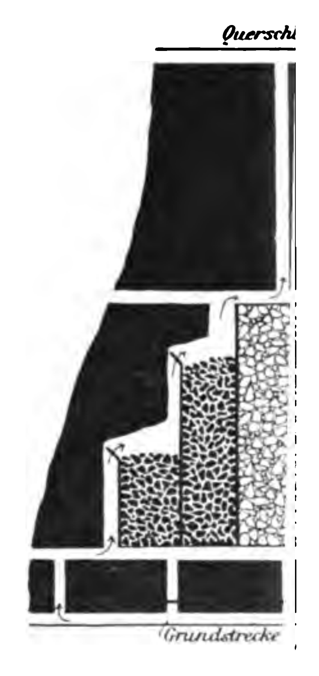


Fig. 388. Schwebende

Die Wetterführung
Ecken („Wettersäcke") ve

e) Der

113. — Wesen un
satz. Dieses Abbauverfah
Abbauarten mit Bergevers
nicht gleich vorn am
von vorher in der Lag
der Grenze des Baufeldes
also hier, im Gegensatz
wieder eine mehr oder w
den Betrieb dieses Abba

Der Pfeilerbau mit
worden. Ein Hauptunte
entweder gleichzeitig in
Streifen in Angriff geno

114. — Abbau in
Pfeilerbau in der ganzen



(Fig. 389), so kann die Einbringung des Versatzes in verschiedener Weise erfolgen. Spart man an der Baugrenze ein Bergerollloch aus, durch welches die einzelnen Pfeiler ihre Versatzberge erhalten (Fig. 389 links), so bewegen sich Kohlen und Versatzberge in gleicher Richtung, die Abbaustrecken können also mit Gefälle aufgefahren werden. Die oberen Pfeiler können dann, wie beim Pfeilerbau ohne Versatz, zuerst in Angriff genommen werden. Der Versatz wird für jeden Pfeiler gesondert eingebracht

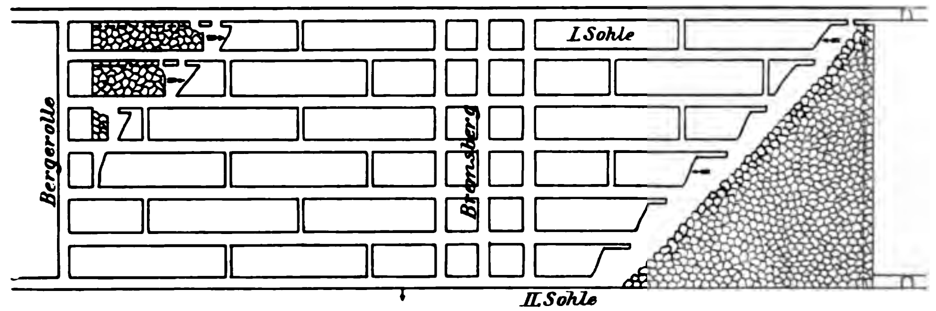


Fig. 389.[1]) Schema des Pfeilerbaus mit Versatz in breiter Fläche. Bergezufuhr links streckenweise, rechts in geschlossener Masse.

und muß, wie beim Strebbau, „aufgehängt“ werden, weil die Strecken offen gehalten werden müssen.

Wenn jedoch das Gebirge es gestattet und das Einfallen steil genug ist, kann man vorteilhafter den Versatz von der Feldesgrenze aus in einer zusammenhängenden Masse (Fig. 389 rechts) einbringen, indem man statt der oberen die unteren Pfeiler vorgehen läßt und die Berge von

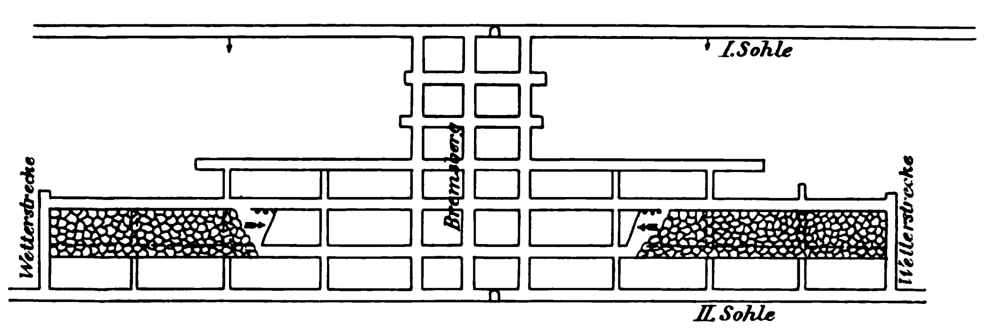


Fig. 390. Pfeilerbau mit Versatz in einzelnen Stößen bei steiler Lagerung.

der oberen Sohle aus nachstürzt. Die kostspieligen „Bergekasten“ auf den einzelnen Strecken fallen dann fort, und der Versatz wird vollständig; dabei können die Strecken auch hier Gefälle nach dem Bremsberg hin erhalten. Statt dessen kann man beim Vorstellen der unteren Abbaustöße auch den Versatz auf jeder Strecke gesondert einbringen, muß dann aber die Strecken „totsöhlig“ auffahren, weil Berge und Kohlen auf ihnen in entgegengesetzter Richtung bewegt werden müssen.

[1]) Fig. 389 und 390 siehe Sammelwerk, Bd. II, S. 237.

115. — Abbau in einzelnen Stößen. Der Pfeilerbau mit Versatz nach Fig. 390 erinnert sehr an den Stoßbau. Er erfolgt in der Weise, daß gleichzeitig mit dem Rückbau eines Pfeilers die obere Bergezufuhr-Strecke für den nächsthöheren Pfeiler aufgefahren wird; der Streckenbetrieb ist dann, um unnötige Streckenunterhaltungskosten zu vermeiden, so zu führen, daß sofort nach Fertigstellung der Strecke mit dem Pfeilerrückbau begonnen werden kann.

f) Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau.

116. — Durchführung im allgemeinen und im einzelnen. Bereits der Pfeilerbau mit Versatz nimmt wegen seiner weitergehenden Vorrichtung eine besondere Stellung unter den Abbauverfahren mit Bergeversatz ein. Noch weiter entfernt sich der vereinigte Streb- und Pfeilerbau von dem Begriff des Abbaus mit Versatz, da bei ihm nicht nur außer der vorwärts-

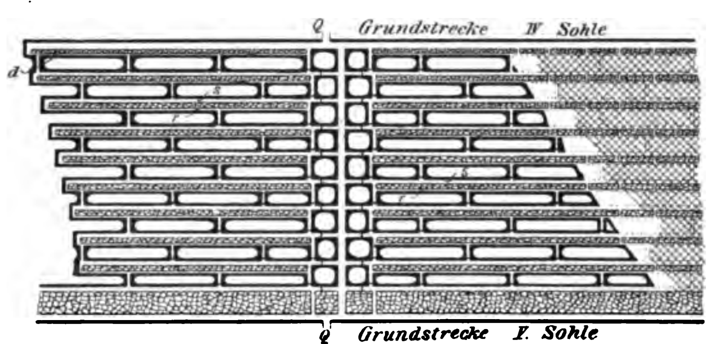


Fig. 391. Vereinigter Streb- und Pfeilerbau mit schmalen Strebstößen.
s **Abbaustrecken,** *r* **Wetterröschen.**

schreitenden auch eine rückwärtsschreitende Kohlengewinnung stattfindet, sondern auch der Versatz nur ganz unvollständig ausgeführt wird.

Das Wesen dieses Abbauverfahrens (Fig. 391 und 392) besteht darin, daß zunächst Strebstöße ins Feld getrieben werden, welche mehr oder weniger starke Kohlenpfeiler zwischen sich lassen, und daß nach Ankunft dieser Strebstöße an der Baugrenze die stehengebliebenen Pfeiler rückschreitend verhauen werden. Der Bergebedarf der Strebstöße wird lediglich durch Nachreißen der Förderstrecken gedeckt. Daher werden sie auch je nach der Menge der hierbei fallenden Berge verschieden breit aufgefahren, wie die beiden Figuren erkennen lassen. Der Abbau nach Fig. 391 mit seinen verhältnismäßig schmalen Strebstößen kann auch als Pfeilerbau angesehen werden, dessen Strecken mit Bergedamm und Wetterrösche aufgefahren sind, wogegen bei dem Abbau nach Fig. 392 die Breite der Strebstöße annähernd gleich derjenigen der Pfeiler ist. Im letzteren Falle, welcher flache Lagerung voraussetzt, werden die Strebstöße nicht von je einer Strecke und einer Wetterrösche, sondern von 2 Förderstrecken begrenzt, auf denen je die Hälfte der beim Strebbau gewonnenen Kohlen zum Bremsberg gefahren wird und die auch je zur Hälfte mit ihren

Bergen zum Versatz beisteuern, so daß das Kohlenladen und Bergeversetzen möglichst erleichtert wird.

Zur besseren Wetterführung werden Durchhiebe in den Kohlenpfeilern hergestellt und entsprechende Wetterröschen im Versatz ausgespart (Fig. 392) oder nachträglich geschaffen (Fig. 391); die ersteren ermöglichen

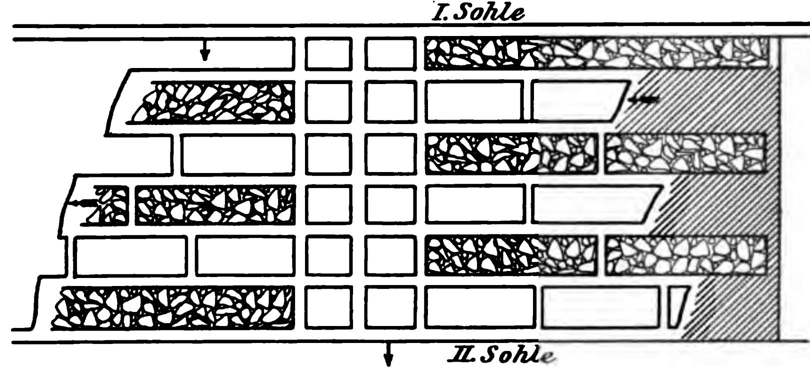


Fig. 392.[1]) Vereinigter Streb- und Pfeilerbau mit breiten Strebstößen bei flacher Lagerung.

die Abkürzung der Wetterwege während des Strebbaus, die letzteren erfüllen dieselbe Aufgabe für den Pfeilerrückbau.

Bei zweiflügeligem Abbau legt man wohl nach Fig. 392 am Bremsberg jedesmal einen Strebstoß einem Kohlenpfeiler gegenüber, um den entstehenden Gebirgsdruck möglichst gleichmäßig auf den Bremsberg zu verteilen.

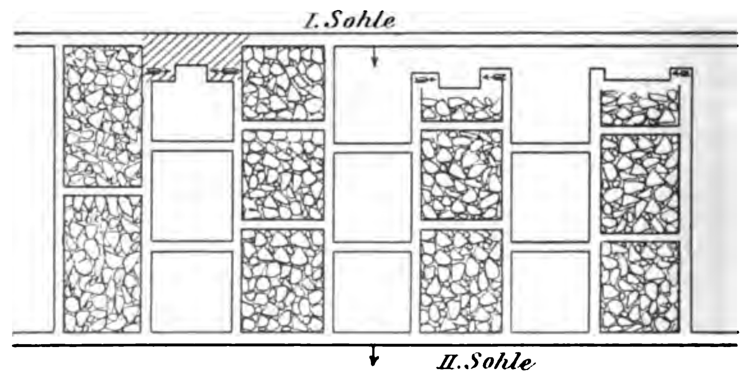


Fig. 393. Vereinigter Streb- und Pfeilerbau, schwebend.

Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau kann bei flachem Einfallen auch schwebend betrieben werden. Ein solches Abbauverfahren zeigt Fig. 393, welche rechts den Vortrieb der Strebstöße und links den eben begonnenen Rückbau eines Pfeilers erkennen läßt und keiner weiteren Erläuterungen bedarf.

[1]) Fig. 392 und 393 siehe Sammelwerk, Bd. II, S. 231 und 232.



g) Beurteilung der verschiedenen Abbauverfahren mit Bergeversatz auf Lagerstätten von mäßiger Mächtigkeit und Abgrenzung ihres Anwendungsgebietes.

117. — Strebbau. Beim Steinkohlenbergbau ist der Strebbau sehr beliebt, da er eine große Angriffsfläche hat, deshalb große Förderleistungen ermöglicht, da er ferner mit eigenen sowohl wie mit fremden Bergen geführt werden kann und außerdem von dem Einfallen nicht abhängig ist, vielmehr sich diesem durch verschiedene Stellung des Abbaustoßes und durch verschiedene Bemessung der Strebhöhe anpassen läßt. Die aus der langen Abbaufront sich ergebende Bloßlegung einer größeren zusammenhängenden Fläche des Hangenden, welche besonders beim Abbau mit breitem Blick eintritt, kann sich sowohl vorteilhaft als auch nachteilig bemerklich machen. Vorteilhaft ist sie insofern, als dadurch ein gleichmäßiges Setzen des ganzen Gebirges begünstigt wird, somit ein Zerbrechen des letzteren in einzelne Streifen oder Schollen möglichst hintangehalten und eine für die Verringerung von Bergschäden wichtige Gleichmäßigkeit der Bodensenkungen an der Tagesoberfläche erreicht wird, sei es nun, daß das Gebirge im ganzen druckhaft ist und unmittelbar dem Abbaustoß folgend nachsinkt oder daß es sich erst nach dem Abbau einer größeren Fläche plötzlich im ganzen senkt. Auch erleichtert der auf dem Abbaustoß lastende mäßige Gebirgsdruck die Gewinnung, was z. B. im Mansfelder Kupferschieferbergbau, wo der Betrieb geradezu auf die Herbeiführung dieses Druckes hinarbeiten muß, von hervorragender Bedeutung ist. Nachteilig ist naturgemäß die durch die Bloßlegung großer Flächen veranlaßte Steinfallgefahr, weshalb der Strebbau bei schlechtem, d. h. kurzklüftigem Hangenden nicht anwendbar ist. — Das Offenhalten der Strecken im Versatz ermöglicht eine bequeme und rasche Kohlenförderung und bei steilem Einfallen eine möglichst große Stückkohlengewinnung, da die gewonnenen Kohlen nicht tief fallen können. Nachteilig ist anderseits der große Holzverbrauch, welcher durch Offenhalten der Strecken erwächst; bei starkem Gebirgsdruck kann ein mehrfaches Auswechseln der Zimmerung notwendig werden; auch erfordert der bei steiler Lagerung vielfach übliche Stempelschlag zum Abfangen des Versatzes viel Holz, namentlich wenn das Hangende sich erst nach längerer Zeit auf den Versatz setzt, dieser also bis dahin auf der Zimmerung allein ruht. In mächtigen Flözen besonders können so die Holzkosten eine bedeutende Höhe erreichen. — Die Bewetterung stößt auf keine größeren Schwierigkeiten; nur können die beim Strebbau mit abgesetzten Stößen entstehenden einspringenden Ecken Schlagwetteransammlungen begünstigen und daher eine besondere Vorsicht erforderlich machen, wogegen der Strebbau mit breitem Blick sogar als das unter allen Abbauverfahren für die Wetterführung günstigste bezeichnet werden kann.

Vergleicht man den streichenden mit dem schwebenden Strebbau, so ist zugunsten des letzteren in die Wagschale zu werfen: die geringere Standdauer der Strecken, welche durch Einlegung einer genügenden Anzahl von Teilsohlen bedeutend kürzer als beim streichenden Betrieb gehalten werden können; die bequeme und billige Förderung, da die Schlepperförderung großenteils durch den Bremsbetrieb ersetzt wird;

die Unabhängigkeit in der Bemessung der streichenden Baulänge eines Abbaufeldes, weil bei einigermaßen günstigem Hangenden immer neue Stöße fortschreitend zu Felde rücken können; die Möglichkeit, durch zweckmäßige Unterteilung des Baufeldes viele Angriffspunkte schaffen und dadurch sehr ansehnliche Förderleistungen erzielen zu können (vergl. Fig. 362 auf S. 345); endlich die Gleichmäßigkeit des Betriebes, welche nicht wie beim streichenden Strebbau durch den Übergang des Abbaus von einem Bremsbergfeld auf ein anderes gestört wird. Jedoch ist das Anwendungsgebiet des schwebenden Strebbaus sehr beschränkt; nicht nur kann er bei steilerer Lagerung keine Verwendung finden, sondern er eignet sich auch bei flacher Flözneigung nicht für mächtigere Flöze, welche wenig eigene Berge liefern, aber viel Versatzberge erfordern, deren Beschaffung beim schwebenden Strebbau sehr schwierig ist. Nur wenn bei ganz geringem Neigungswinkel alle Punkte des Abbaustoßes mittels Schlepperförderung erreicht werden können, fällt dieses Hindernis fort; allerdings ist dann auch kaum noch ein Unterschied zwischen streichendem und schwebendem Strebbau vorhanden. Die Wetterführung erfordert, da es sich um lauter schwebende Betriebe handelt, größere Vorsicht als beim streichenden Strebbau.

Wo nach Lage der Verhältnisse sowohl mit streichendem als auch mit schwebendem Strebbau abgebaut werden kann, läßt man zweckmäßig den Verlauf der Schlechten für die Wahl der einen oder anderen Abbauart entscheidend sein.

118. — Firstenbau. Der Firstenbau hat mit dem Strebbau die lange Angriffsfläche und die daraus sich ergebenden Vorzüge und Nachteile (große Förderleistung, rascher Abbau, gleichmäßige Bodensenkungen, Gefährdung der Mannschaft bei schlechtem Hangenden) gemeinsam. Für die Bewetterung liegen die Verhältnisse hier ungünstiger, da noch mehr einspringende Ecken als beim Strebbau mit abgesetzten Stößen vorhanden sind. Infolge des Wegfalls der Förderstrecken im Versatz und der Schlepperförderung auf diesen Strecken wird der Betrieb wesentlich verbilligt; auch werden durch den vollständigen Bergeversatz, der bei dem steilen Einfallen in alle Hohlräume gelangt und sich fest zusammenpreßt, die Bergschäden wesentlich verringert; nicht unwesentlich ist auch, daß eine Beunruhigung des Gebirges durch die Schießarbeit beim Bahnbruch vermieden wird. Der Herabsetzung der Betriebskosten durch den Wegfall der Förderstrecken im Versatz steht als Nachteil die geringe Lieferung von eigenen Bergen und die starke Kohlenzerkleinerung und Staubbildung durch Fall gegenüber, weshalb der Firstenbau im Steinkohlenbergbau nur für solche Flöze geeignet ist, deren Kohle auch in zerkleinertem Zustande (zur Verkokung oder Brikettierung) nutzbringend verwendet werden kann und welche für die Einbringung fremden Versatzes günstig liegen. Auch nach Einfallen, Mächtigkeit, Flöz- und Gebirgsverhalten ist die Anwendbarkeit des Firstenbaus eingeengt. Das Einfallen muß so steil sein, daß bei Berücksichtigung der Diagonalstellung der Böschung Kohlen und Berge noch rutschen können. Flöze von etwa 1,5 m Mächtigkeit und darüber verursachen, wenn es sich nicht gerade um besonders feste Kohle handelt, zu große Schwierigkeiten durch die Kohlenfallgefahr; auch ist die Ein-

bringung der schweren Zimmerung hier zu bedenklich. Bergmittel im Flöz sind zwar kein unüberwindbares Hindernis, erschweren aber den Abbau bedeutend. An das Hangende stellt der Firstenbau noch höhere Anforderungen als der Strebbau, da wegen des steilen Einfallens zu dem Druck des Hangenden auf seine Unterlage noch das Bestreben einer schiebenden Bewegung in der Fallrichtung tritt. — Hiernach läßt sich das Verwendungsgebiet des Firstenbaus, im Gegensatz zu dem des Strebbaus, scharf umgrenzen: er eignet sich in erster Linie für dünne, steilgelagerte Flöze ohne Bergmittel, mit fester Kohle und festem Hangenden, wenn fremde Berge zur Verfügung stehen und auf die Erzielung von Stückkohlen kein großer Wert gelegt zu werden braucht.

119. — **Firsten- und Strossenbau im Erzbergbau.** Im Erzbergbau dagegen, soweit er sich auf Gängen von nicht sehr bedeutender Mächtigkeit bewegt, ist der Firstenbau die am häufigsten, vielfach sogar ausschließlich, in Betracht kommende Abbauart, da er wegen des Wegfalls von Förderstrecken und der bequemen Rolllochförderung, die ein dem steilen Einfallen der Gänge angepaßtes Fördermittel ist, sich sehr billig stellt. Nur untergeordnet findet sich hier der Strossenbau, welcher sich vom Firstenbau durch seine hohen Holzkosten für die Bergeverschläge der einzelnen Strossen und durch die Belästigung der Hauer durch Gebirgswasser und das Herunterschaffen der Erze über mehrere Strossen bis zur nächsten Abbaustrecke nachteilig unterscheidet. Er hat demgegenüber nur den Vorteil, daß er gleich an der Erdoberfläche begonnen werden kann und daß keine Erze in den Versatz geraten können; die letztere Eigenschaft des Strossenbaus führt manchmal zu seiner Verwendung auf Lagerstätten mit besonders wertvollen Erzen.

120. — **Stoßbau.** Der Stoßbau unterscheidet sich von den bisher besprochenen Abbauarten dadurch, daß er immer nur verhältnismäßig kurze Angriffsflächen hat. Daraus erwächst ein Hauptvorteil dieses Verfahrens: seine Anwendbarkeit bei schlechtem Hangenden, da keine großen Flächen desselben bloßgelegt werden. Aus dem gleichen Grunde empfiehlt sich der Stoßbau für brandgefährliche Flöze; zur Absperrung eines Brandes an einem Betriebspunkt sind nur wenig Abdämmungsarbeiten erforderlich, und der dadurch herbeigeführte Förderausfall ist nur geringfügig. Auch das Zufüllen der Förderstrecken ist in verschiedener Hinsicht vorteilhaft: Man erzielt einen vollständigen Versatz wie beim Firstenbau; ein kostspieliges „Aufhängen“ der Versatzberge bei steiler Lagerung, wie es beim Strebbau notwendig ist, fällt weg, was besonders in Flözen von großer Mächtigkeit sehr ins Gewicht fällt, und die Streckenunterhaltungskosten werden gegenüber dem Strebbau wesentlich verringert, da die Strecken wegen der geringeren Baulänge (vergl. S. 363) nicht so lange zu stehen brauchen und immer auf einer Seite den noch ziemlich druckfreien Kohlenstoß haben. Diesen Vorzügen stehen jedoch beim streichenden Stoßbau als Nachteile gegenüber: die zerstreute Lage der einzelnen Betriebspunkte mit ihrer Zersplitterung der Förderung und Wetterführung, die Schwierigkeit, eine größere Förderleistung zu erzielen, der langsame Abbau, die Gefahr der Zerlegung des Hangenden in eine Anzahl selbständig sich bewegender Streifen. Man zieht deshalb im allgemeinen den Streb- oder

Firstenbau vor und geht nur dort zum streichenden Stoßbau über, wo jene Abbauarten nicht mit Vorteil anwendbar sind; die Verwendung des streichenden Stoßbaus beschränkt sich daher vorzugsweise auf mächtige, steilgelagerte Flöze mit schlechtem Hangenden und milder, zur Selbstentzündung neigender Kohle.

Beim schwebenden Stoßbau in der Ausgestaltung, wie sie bei flachem Einfallen in Betracht kommt, treten die Nachteile des Stoßbaus mehr zurück, da hier sich leichter eine größere Angriffsfläche ohne große Zersplitterung erzielen läßt (vergl. Fig. 386 auf S. 365), auch die Wetterführung einfacher wird. Vor dem schwebenden Strebbau hat der schwebende Stoßbau die Möglichkeit voraus, fremde Berge von oben, also in beliebigen Mengen, zuführen zu können; er eignet sich daher im Gegensatz zum ersteren besonders für mächtige Flöze. Dem streichenden Stoßbau wird er vielfach wegen der Lage der Schlechten vorgezogen. Auch in seiner Ausbildung für steiles Einfallen ist der schwebende Stoßbau durch ein Zurücktreten der Nachteile des Stoßbaus an sich gekennzeichnet, bei genügend festem Hangenden ermöglicht er sogar die gleichzeitige Inangriffnahme von 2 benachbarten Stößen. Er kann hier überhaupt als ein recht vorteilhaftes Verfahren bezeichnet werden: mit dem Firstenbau hat er die Billigkeit infolge des Wegfalls der Strecken gemeinsam, zeichnet sich aber vor ihm aus durch die bessere Wetterführung, die vorzügliche Standsicherheit der Hauer und die geringere Kohlenzerkleinerung. Allerdings erfordert er größere Sorgfalt bei der Regelung des Betriebes, wenn eine gleichmäßige Kohlenlieferung und Bergezuführung erzielt werden soll. Ein Vorteil ist auch die Arbeitsteilung in Hauer-, Schlepper- und Versatzarbeit, welche eine günstige Ausnutzung der Arbeitskraft der Leute und daher eine Verringerung der Lohnausgaben ermöglicht. Das Anwendungsgebiet dieser Abbauart ist allerdings noch beschränkter als das des Firstenbaus, da das Hangende sich längere Zeit selbst tragen und daher sehr fest sein muß, auch ein Bergmittel noch wesentlich größere Schwierigkeiten verursacht.

121. — Pfeilerbau mit Versatz. Dieser Abbau kann sowohl mit dem Strebbau (Fig. 389 links auf S. 368) als auch mit dem Firstenbau (Fig. 389 rechts) als auch mit dem Stoßbau (Fig. 390) Ähnlichkeit haben. All diesen Abbauarten gegenüber hat er jedoch den Nachteil der größeren Kosten infolge des Auffahrens von besonderen Vorrichtungstrecken; er wird deshalb nur ausnahmsweise angewandt. Insbesondere bleibt der dem Strebbau ähnliche, aber nur auf Zuführung fremder Berge eingerichtete Abbau nach Fig. 389 links auf solche Fälle beschränkt, in denen eine Bauabteilung für gewöhnlichen Pfeilerbau vorgerichtet ist, aber ein plötzlich sich einstellender starker Gebirgsdruck, eine nachträglich hergestellte wichtige Anlage an der Erdoberfläche (vergl. Fig. 394 auf S. 376) oder Gesteinsarbeiten auf der oberen Sohle, welche größere Bergemengen liefern, die Einbringung von Versatz notwendig oder doch wünschenswert machen. Der Abbau nach Fig. 389 rechts hat vor dem Firstenbau, an den er erinnert und mit dem er den Vorzug der großen Angriffsfläche und des vollständigen Versatzes teilt, die Anwendbarkeit in mächtigen, unreinen oder druckhaften Flözen voraus; er eignet sich außerdem vorzugsweise

für festes Hangendes, insbesondere Sandstein, welches dazu neigt, längere Zeit sich selbst zu tragen und sich dann mit Heftigkeit auf den Versatz zu setzen; in diesem Falle ist Firstenbau gefährlicher, während beim Strebbau das Offenhalten der Strecken im Versatz gegen den Schluß hin auf sehr große Schwierigkeiten stoßen kann. Auch kann, wenn die Grenze eines Abbaufeldes durch eine größere Gebirgsstörung gebildet wird, der Pfeilerbau mit Versatz den Vorzug verdienen, da er diese Störung mit ihren schädlichen und gefährlichen Nebenwirkungen hinter sich läßt. — Der Abbau nach Fig. 390 kann dem Stoßbau unter ähnlichen Umständen insofern vorzuziehen sein, als er die Herstellung einer Bergerolle oder eines Bremsbergs an der Baugrenze und das Offenhalten von Strecken zu dieser hin vermeidet.

Der vereinigte Streb- und Pfeilerbau endlich ist nur für solche Fälle von Bedeutung, in denen nur wenig eigene Berge fallen und deren Abförderung vermieden werden soll, ein vollständiger Versatz aber weder dem Flözverhalten nach noch auch durch die Rücksicht auf die Erdoberfläche geboten erscheint. Sollen lediglich die im Betriebe fallenden Berge untergebracht werden, so beschränkt man nach Fig. 391 auf S. 369 die Zahl der nachzureißenden Förderstrecken, indem man die Strebstöße nicht mit 2 Strecken, sondern nur mit Damm und Wetterrösche auffährt. Der Abbau nach Fig. 392 dagegen kann sich empfehlen, wenn dem Hangenden zur Erleichterung des Pfeilerrückbaus eine größere Stützfläche geboten werden soll oder wenn infolge größerer Flözmächtigkeit der Bergefall in den Strecken gering und der Hohlraum groß ist und daher der zur Unterbringung des Versatzes mitzunehmende Strebstreifen für eine Strecke zu schmal werden würde, um eine befriedigende Hauerleistung zu erzielen.

122. — Zusammenfassung. Einen Überblick über die Anwendung der verschiedenen Abbauarten gibt Fig. 394, soweit das durch eine bildliche Darstellung geschehen kann. Es sind hier Flöze von verschiedener Mächtigkeit mit und ohne Bergmittel in steiler, mittlerer und flacher Lagerung und mit verschieden festem Hangenden dargestellt. Erläuternd braucht nur noch Folgendes bemerkt zu werden: An den Markscheiden ist wegen der schwierigen Beschaffung von Versatzbergen von der Zuführung fremder Berge ganz abgesehen worden, da die Tagesoberfläche einen Abbau mit Versatz hier nicht dringend notwendig macht; infolgedessen soll das mächtigere Flöz *A* auf dem steilen Flügel mit streichendem Pfeilerbau, das einige eigene Berge liefernde Flöz *O* auf dem flachen Flügel mittels vereinigten Streb- und Pfeilerbaus gewonnen werden. Bei dem steilen Flügel von Flöz *B* ist angenommen, daß die Vorrichtung zum Pfeilerbau schon in Angriff genommen war, als in dieser Gegend eine Straßenbahn angelegt wurde, und daß man sich infolgedessen nachträglich zur Einbringung von Versatz in die entstehenden Hohlräume entschlossen hat. Bei den Flözen *C* und *D* ist unterstellt, daß die Bergbehörde den Abbau unter der Schleuse mit sorgfältig ausgeführtem Spülversatz (siehe unten) gestattet hat, so daß dieser hier auch in einem wenig mächtigen Flöze *D* mit steilem Einfallen und gutem Hangenden, also unter Verhältnissen, wie sie sonst den Spülversatz als weniger vorteilhaft erscheinen lassen, zur Anwendung kommt. Die Gebäude über den Flügeln mit mittlerem

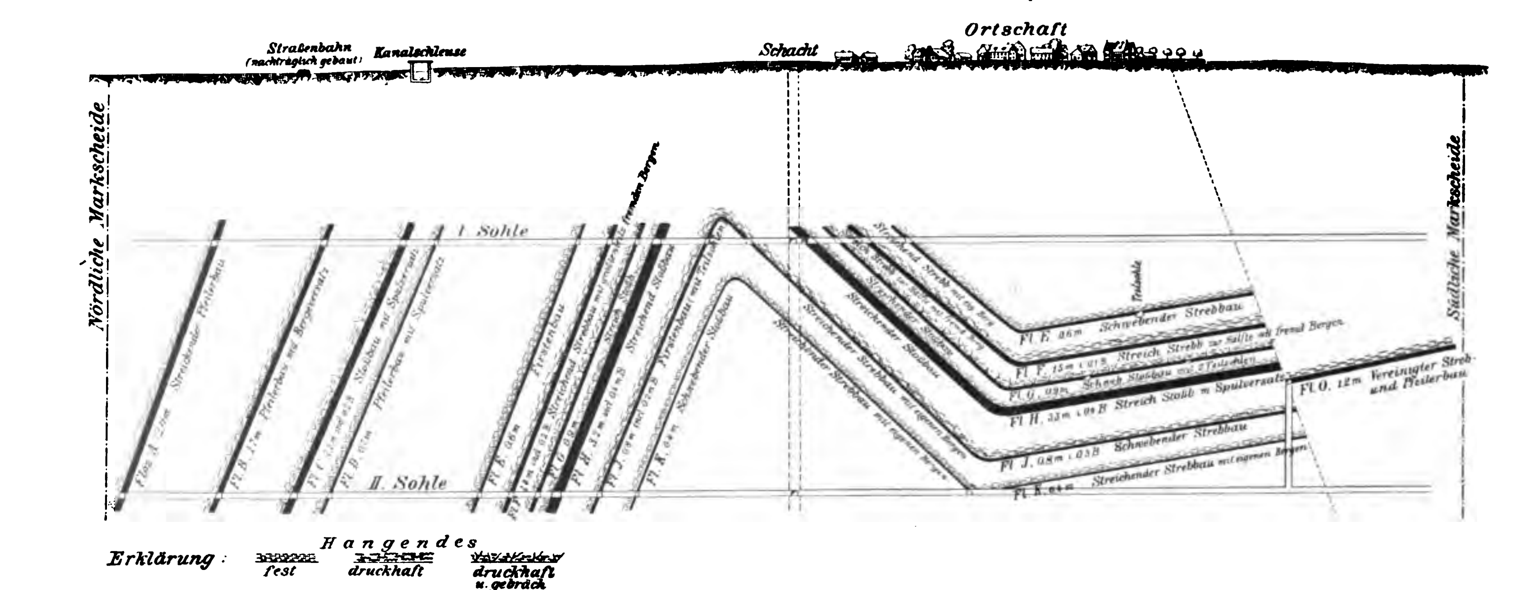


Fig. 394. Übersicht über die Anwendung der verschiedenen Abbauarten.

und flachem Einfallen erfordern, da sie nicht zu Straßenzügen zusammengeschlossen sind und da angenommen ist, daß Gas- und Wasserleitungen u. dergl. nicht vorhanden sind, nicht die Anwendung aller Mittel zur Vermeidung von Bergschäden, so daß hier nur für den flachen Flügel des mächtigen Flözes *G* Spülversatz vorgesehen, im übrigen die Einbringung von Handversatz als ausreichend erachtet ist. Beim streichenden Strebbau ist die Zuführung von mehr oder weniger großen Mengen fremder Berge in denjenigen Fällen in Aussicht genommen, in denen wegen steiler Lagerung und hoher Stöße (Flöz *F*, steiler Flügel) wenig eigene Berge fallen, auch das Einstürzen von fremden Bergen wegen dieser Verhältnisse und wegen der Nähe des Schachtes billig ist — oder in denen die Bebauung der Erdoberfläche einen möglichst vollständigen Versatz wünschenswert macht (mittlerer und flacher Flügel im Flöze *F*).

h) Besondere Ausbildung einzelner Abbauverfahren für die Gewinnung mächtiger Lagerstätten.

123. — **Vorbemerkung.** Die bisher besprochenen Abbauverfahren mit Bergeversatz versagen oder bedürfen doch einer entsprechenden Umgestaltung, wenn die Mächtigkeit der Lagerstätte eine gewisse Grenze überschreitet und infolgedessen sich größere Schwierigkeiten einstellen. Diese Grenze wird im Steinkohlenbergbau eher erreicht als beispielsweise im Erzgangbergbau, da der Gebirgsdruck im ersteren Falle im allgemeinen größer ist und daher die Schwierigkeiten der Beschaffung und Einbringung einer entsprechenden Zimmerung mit zunehmender Mächtigkeit schnell wachsen, auch die Gefahr eines Flözbrandes wesentlich näher gerückt wird und ferner bei flacher Lagerung die Einbringung des Versatzes auf erhebliche Schwierigkeiten stößt, bei steilem Einfallen aber die Gefahr des Kohlenfalls zu groß wird. Ein Flöz von 5 m Mächtigkeit z. B. wird dem Abbau bereits erhebliche Hindernisse in den Weg legen, während ein Erzgang von dieser Stärke in vielen Fällen ohne sonderliche Schwierigkeiten durch den gewöhnlichen Firstenbau in Angriff genommen werden kann.

Außer dem Abbau mit Bergeversatz oder in Verbindung mit diesem kann auch der Pfeilerbau in einer Form, die nicht unter den oben behandelten „Bruchbau" in mächtigen Flözen zu rechnen ist, für solche Verhältnisse Anwendung finden.

Von den verschiedenen hier in Frage kommenden Abbauverfahren sollen nur besprochen werden: der Scheibenbau, der Stoßbau in seiner Ausbildung für mächtige Lagerstätten, und der Querbau. Sie laufen alle darauf hinaus, daß die umfangreiche Masse der Lagerstätte in Streifen, („Scheiben" oder „Platten") von so geringer Stärke zerlegt wird, daß deren Gewinnung ohne besondere Schwierigkeiten erfolgen kann.

Der Scheibenbau.

124. — **Begriffsbestimmung.** Unter „Scheibenbau" versteht man nicht eine besondere Abbauart, sondern allgemein einen Abbau, welcher durch die Zerlegung eines Flözes in einzelne Bänke oder streichende „Scheiben" gekennzeichnet ist, die im einzelnen nach den bekannten Abbauverfahren in Angriff genommen werden. Zahl und Mächtigkeit der

verschiedenen Scheiben richtet sich nach der Mächtigkeit und dem Verhalten des Flözes. Vielfach wird das Flöz durch eingelagerte Bergmittel in natürliche Scheiben zerlegt. Ist das nicht der Fall, so werden anderweitige natürliche Abgrenzungen zum Anhalt genommen.

Beim Vorhandensein von Bergmitteln kann keine scharfe Grenzlinie zwischen einem in mehreren Bänken auftretenden mächtigen Flöz und mehreren durch dünne Gesteinsmittel voneinander getrennten schmalen Flözen gezogen werden, es ist vielmehr innerhalb gewisser Grenzen lediglich Gefühlssache, inwieweit man von einem oder mehreren Flözen sprechen will, je nachdem die Bergmittel im Verhältnis zur Kohlenmächtigkeit unbedeutend sind oder umgekehrt. Darüber hinaus aber ist zu bedenken, daß selbst bei größerer Mächtigkeit des Bergmittels, d. h. wenn unzweifelhaft mehrere Einzelflöze vorliegen, noch aus wirtschaftlichen sowohl wie aus Sicherheitsgründen der Abbau des einen Flözes nicht gänzlich unbekümmert um denjenigen des anderen vor sich gehen kann, sondern vielmehr auf denselben Rücksicht nehmen und im Zusammenhange mit ihm erfolgen muß. Daher sollen unter der obigen Überschrift auch solche Verhältnisse berücksichtigt werden. Jedoch scheiden dabei diejenigen Fälle aus, in welchen lediglich eine Zusammenfassung benachbarter Flöze durch Benutzung eines gemeinsamen Bremsberges oder Bremsschachtes erfolgt, im übrigen aber jedes Flöz selbständig abgebaut wird; dieselben sind schon im Abschnitt „Ausrichtung" (S. 281) behandelt worden. Es kommen also hier, soweit getrennte Flöze vorhanden sind, nur noch solche Abbaugemeinschaften zur Besprechung, bei denen außer den Bremsbergen auch die Abbaustrecken ganz oder teilweise gemeinsam benutzt werden.

125. — Allgemeines über den Scheibenbau. Der Abbau kann entweder in den verschiedenen Scheiben nahezu gleichzeitig zu Felde rücken, indem in jeder Scheibe der Stoß gegen die vorangehende etwas zurückbleibt, oder es kann mit der Inangriffnahme einer weiteren Scheibe bis nach der Beendigung des Abbaus der vorhergehenden gewartet werden. Im letzteren Falle wiederum kann der Abbau der nächsten Scheibe sich zeitlich unmittelbar an den der vorhergehenden, und zwar in derselben Richtung oder nach rückwärts hin, anschließen, oder man kann diese Bank erst nach Verlauf eines längeren Zeitabschnittes in Verhieb nehmen, welcher dem Hangenden Gelegenheit gibt, sich zu setzen.

Der gleichzeitige oder nahezu gleichzeitige Abbau der verschiedenen Scheiben hat den Vorteil, daß die Kohle gleich in der ganzen Mächtigkeit gewonnen werden kann und der Gefahr einer Selbstentzündung nach Möglichkeit vorgebeugt wird. Dagegen ist die gleichmäßige Verteilung des frischen Wetterstroms schwierig; auch hat man beim Fortschreiten des Abbaus mit schnell wachsendem Gebirgsdruck zu kämpfen. Ferner ergeben sich hierbei starke Beschädigungen an der Erdoberfläche, da die ganze Mächtigkeit der Lagerstätte auf einmal abgebaut wird und daher auch die Gebirgsbewegungen gleich in ihrem vollen Umfange einsetzen.

Nacheinander können die einzelnen Scheiben nur unter der Bedingung abgebaut werden, daß wenigstens die zuerst gewonnenen in Versatz gesetzt werden. Läßt man den Abbau der hangenderen Bänke

dem der liegenderen unmittelbar folgen, so wird man in der Regel die in den letzteren aufgefahrenen Abbaustrecken für den späteren Abbau mitbenutzen können; wird dagegen erst das Setzen des Hangenden, d. h. das Zusammenpressen des Bergeversatzes, abgewartet, so werden zweckmäßig für jede Scheibe besondere Förderstrecken hergestellt.

Für den Ruhrbezirk ist der Scheibenbau von geringer Bedeutung, da hier Flöze von mittlerer Mächtigkeit die Regel bilden, deren etwa vorhandene Bergmittel meist nur geringe Stärke haben, während die Gebirgsmittel zwischen benachbarten Flözen gewöhnlich zu stark sind, um eine Abbaugemeinschaft als zweckmäßig erscheinen zu lassen. Nur untergeordnet treten in diesem Gebiet infolge des Auskeilens oder Abnehmens von Zwischenmitteln oder des stellenweisen Anschwellens von Kohlenbänken Flöze von solcher Mächtigkeit oder so verwickeltem Bau auf, daß die gewöhnlichen Abbauverfahren versagen. Jedoch verdient immerhin in einer Reihe von Fällen die Frage, ob der Scheibenbau Vorteile bietet, eine nähere Prüfung. Denn nicht selten liegt der Fall so, daß man schmale Kohlenbänke im Hangenden oder Liegenden eines Flözes, welche von diesem durch ein mäßiges Bergmittel getrennt sind, lieber anstehen läßt, also verloren gibt, weil sie für sich nicht bauwürdig sind, während ihre Mitgewinnung den Abbau des dadurch entstehenden Gesamtflözes zu sehr erschwert. Der Fall kann sogar so liegen, daß wegen schlechter Beschaffenheit des Hangenden eine Kohlenoberbank von zähem Gefüge angebaut wird und so die Stelle des Hangenden vertritt (Fig. 395). Durch Scheibenbau würden sich vielleicht manche dieser Verluste ohne zu große Opfer vermeiden lassen. — Dagegen ist für das Saarrevier, welches durch eine große Anzahl schmalerer Flözbänke, die mit Bergmitteln von sehr schwankender Mächtigkeit wechsellagern, gekennzeichnet ist, der Scheibenbau sehr wichtig, und auch in dem französischen Loire-Kohlenbecken, welches sich durch das häufige Auftreten außerordentlich mächtiger Flöze auszeichnet, kommt er vielfach zur Anwendung.

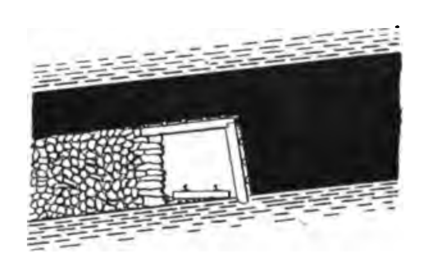


Fig. 395. Anbauen der Oberbank bei gebrächem Hangenden.

Außer der bereits vorhin erwähnten Möglichkeit, Flöze, welche an sich unbauwürdig sind, mitzugewinnen, bietet der Scheibenbau im Vergleich mit dem im ganzen erfolgenden Abbau eines zusammengesetzten Flözes verschiedene Vorteile: die Sicherheit gegen Stein- und Kohlenfall wird wesentlich erhöht, da große Höhen im Abbau wegfallen; der Holzverbrauch wird, vielfach in bedeutendem Maße, verringert, indem vorwiegend kurze Stempel benutzt werden können und diese außerdem wegen ihrer größeren Knickfestigkeit nicht so dicht wie lange Stempel gesetzt zu werden brauchen. Diese größere Sicherheit und Holzersparnis wird nicht nur durch die Verringerung der auf einmal in Angriff genommenen Flözmächtigkeit, sondern auch dadurch erzielt, daß vielfach das Bergmittel oder die Oberbank

selbst ein bedeutend festeres Dach abgibt als das eigentliche Hangende (Fig. 395), so daß der Abbau beim Scheibenbau nur zum kleineren Teil unter ungünstigen Gebirgsverhältnissen sich vollzieht. Damit hängt dann auch die Möglichkeit einer reineren Kohlengewinnung zusammen.

In den meisten Fällen handelt es sich um den Abbau zweier benachbarter Flözbänke; jedoch können auch 3 und mehr geneigte Scheiben gebildet werden.

126. — **Scheibenbau mit nahezu gleichzeitigem Abbau der einzelnen Scheiben.** Ein nahezu gleichzeitig auf den verschiedenen Bänken sich bewegender Scheibenbau wird auf dem einschließlich 2 m Bergmitteln durchschnittlich 8 m mächtigen Flöz Henri der lothringischen Steinkohlengrube Klein-Rosseln betrieben.

Das Flöz, dessen Einfallen etwa zwischen 5° und 30° schwankt, wird meistens, soweit es die wechselnde Lage und Stärke der Bergmittel gestattet, in 4 Bänke zerlegt. Diese wurden früher[1]) mittels streichenden Strebbaus in der Weise gewonnen, daß der Abbau jeder höheren Bank dem der nächst unteren in etwa 15 m Abstand folgte, wobei die in der untersten Bank ausgesparten Förderstrecken allmählich auf die erforderliche größere Höhe nachgerissen oder auch, bei zu starkem Druck, durch neu ausgesparte in den oberen Bänken ersetzt wurden. Neuerdings ist man[2]) zum Stoßbau mit Spülversatz (siehe unten) übergegangen. Die Vorrichtung erfolgt dabei durch je eine streichende Strecke am Liegenden und am Hangenden und durch Bremsberge, welche von der ersteren aus aufgefahren werden. Von diesen beiden Strecken dient die in der liegendsten Bank hergestellte als Förderstrecke (die entsprechende auf der oberen Sohle als Wetterstrecke) für den Abbau der ersten beiden Scheiben. Mit dem Vorrücken des Abbaustoßes in der dritten Scheibe wird sie jedoch nach und nach mit zugespült und dafür die hangende Sohlenstrecke als Förderstrecke in Betrieb genommen; dementsprechend werden auch die Bremsberge mit Bergen zugefüllt und um die gleiche Höhe wieder in der Firste nachgerissen, um so für die Förderung aus den beiden oberen Bänken dienen zu können. — Der Abbau beginnt in der liegendsten Bank und folgt in den hangenderen Scheiben in je 20—30 m Abstand nach. Da auch in einer und derselben Scheibe die im Streichen benachbarten Stöße nacheinander zu Felde rücken, so ergibt sich sowohl im Querprofil wie auch im Grundriß das Bild einer treppenartigen Anordnung der Abbaustöße.

127. — **Scheibenbau mit Gewinnung der einen Bank unmittelbar nach der andern.** Bei dem in Fig. 398 im Längs- und Querprofil dargestellten Scheibenbau handelt es sich um ein flachgelagertes Flöz, das sich aus 2 Bänken zusammensetzt. Es wird hier zunächst die Unterbank mittels Strebbaus abgebaut und sodann die Oberbank rückwärts im Pfeilerbau gewonnen, wobei die in dieser geschaffenen Hohlräume durch die aus den dünnen Bergmitteln fallenden Berge und durch schachbrettartig gestellte Holzpfeiler nach Möglichkeit ausgefüllt werden. Zur Abförderung

[1]) Dütting in der Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. 1892, S. 225 u. f.
[2]) Revue Universelle des mines etc. 1907, Bd. XIX, S. 228 u. f.

der in der Oberbank gewonnenen Kohlen werden die in der Unterbank aufgefahrenen Strecken benutzt; jedoch werden diese hier nicht nachgerissen, sondern nur durch eine genügende Anzahl von Durchbrüchen

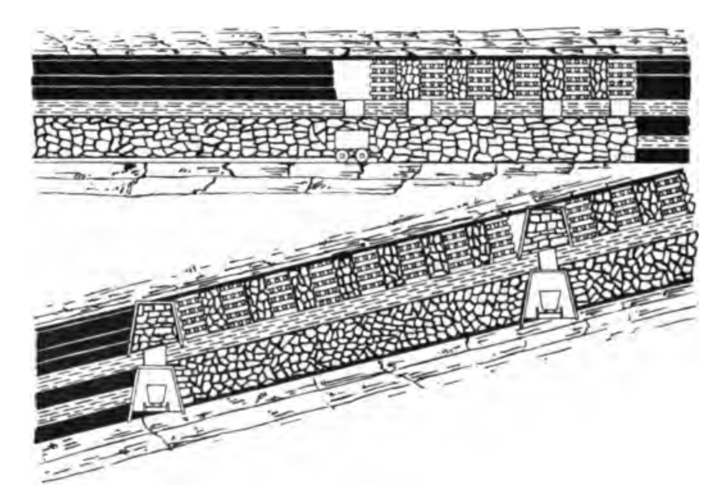


Fig. 396.[1]) Scheibenbau mit Strebbau in der Unter- und Pfeilerrückbau in der Oberbank. Oben: Längsprofil durch eine Abbaustrecke. Unten: Querprofil.

mit der Oberbank in Verbindung gesetzt, so daß das Bergmitel zwischen beiden Bänken anstehen bleibt.

Derselbe Grundgedanke — Strebbau in der Unterbank zur Abbaugrenze hin, Pfeilerbau in der Oberbank rückwärts — kommt in dem

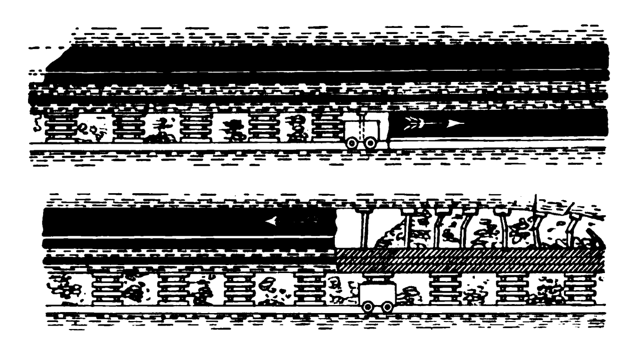


Fig. 397.[2]) Scheibenbau; Strebbau in der Unterbank (oben), Pfeilerrückbau in der Oberbank (unten).

durch Fig. 397 (Längsprofil durch eine Abbaustrecke) dargestellten Scheibenbau auf dem Doppelflöz Borstel-Thiele der Saargrube König zum Ausdruck. Hier wird ebenfalls das Bergmittel, welches sich wegen seiner guten Beschaffenheit als Dach eignet, während des Abbaus der Unterbank, auch

[1]) Verhandlungen der Stein- und Kohlenfallkommiss., Texttaf. VIII, S. 262.
[2]) Daselbst, Texttaf. VI, S. 255.

in den Förderstrecken, angebaut; der erforderliche Versatz für die Unterbank wird durch Nachreißen eines Streifens am Liegenden in den Strebstrecken gewonnen. Für den Abbau der Oberbank werden hier nicht einzelne Durchbrüche im Bergmittel hergestellt, sondern es wird dieses in den Strecken ganz hereingewonnen, wodurch annähernd ausreichende Bergemengen erhalten werden, um auch die beim Rückbau geschaffenen Hohlräume auszufüllen.

Der Scheibenbau nach Fig. 398 unterscheidet sich von dem in den Figuren 396 und 397 dargestellten dadurch, daß hier die Gewinnung der einzelnen Scheiben in einzelnen Stößen abwechselnd erfolgt. Der Abbau, ein streichender Stoßbau auf einem 7 m mächtigen Kohlenflöz, erfolgt in folgender Weise: vom Lösungsquerschlage aus wird zunächst eine Vorrichtungstrecke *I* in der hangenden Scheibe bis zur Grenze des Baufeldes aufgefahren und dort durch ein Bergerollloch nebst Fahrüberhauen mit der oberen Sohle

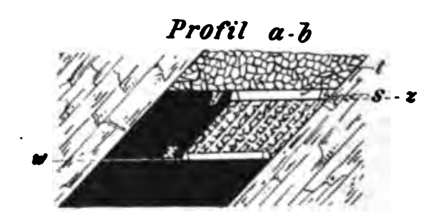




Fig. 398.[1]) Stoßbau, in 2 Bänken eines mächtigen Flözes abwechselnd.

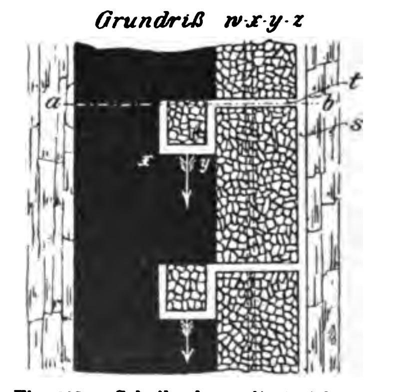


Fig. 399. Scheibenbau mit streichenden Stößen in einem mächtigen Flöz.

verbunden. Unmittelbar am Hangenden wird durch Mittelstempel ein Abschnitt abgekleidet und gleich wieder versetzt. Vom Bergerollloch aus wird dann rückwärts der Stoß *II*|*II* in der liegenden Bank in doppelter Streckenhöhe in Angriff genommen. Ist dieser am Querschlag angekommen, so folgt der Stoß *III*|*III* in der hangenden Scheibe, diesem wieder der Stoß *IV*|*IV* in der liegenden, dann der Stoß *V*|*V* in der hangenden Bank usf. Dabei wird immer die neu aufzufahrende Strecke, welche die obere Stoßhälfte bildet und zur Bergezufuhr dient, etwas im Kohlenstoß vorgetrieben und mit Türstockzimmerung gleich derjenigen der Grundstrecke *I* ausgebaut. Damit diese Zimmerung nachher frei über dem offenen Raum stehen kann, wird, wie die Figur zeigt, zwischen die Beine eines jeden Türstocks ein sie festklemmendes Sohlenholz ge-

[1]) Nach dem Sammelwerk, Bd. II, S. 314.

schlagen; außerdem wird der eine Stempel auf die Zimmerung der nächsttieferen Stoßstrecke in der Nachbarscheibe gestellt, der andere Stempel in den liegenden Strecken in das Liegende eingebühnt. Von jeder Strecke aus wird sowohl die untere Hälfte des Stoßes als auch die Strecke in der Nachbarscheibe mit Bergen verstürzt. In dem durch die Figur festgehaltenen Zeitpunkt ist also die Strecke *V* in der Auffahrung begriffen und dient zur Zuführung der Berge für das Verstürzen des Stoßes *V* und der Strecke *IV*, welche in ihrem noch offenstehenden Teil zur Kohlenförderung benutzt wird. Jeder Stoß fördert also durch die Förderstrecke der Nachbarscheibe, wodurch die Anzahl der auszubauenden und offenzuhaltenden Strecken auf die Hälfte vermindert wird.

Fig. 399 zeigt einen Scheibenbau, bei welchem eine größere Anzahl von Scheiben in einem sehr mächtigen Flöz in streichenden Stößen abgebaut wird. Wie ersichtlich, nimmt jeder Stoß eine Bergezufuhrstrecke an seiner oberen und eine Kohlenförderstrecke an seiner unteren Grenze mit; durch Schaffung einer größeren Zahl von Angriffspunkten kann der Abbau in zweckmäßiger Weise beschleunigt werden; auch kann man von jedem Angriffspunkt aus zweiflügelig vorgehen. Jeder Stoß hat den Versatz des im Liegenden benachbarten Stoßes zum Liegenden. Die Verbindung mit den Lösungsquerschlägen oben und unten wird durch die auf die Sohlenstrecken *s* mündenden Querstrecken *t* aufrecht erhalten. Das Verfahren eignet sich für nicht zu steiles Einfallen und feste Kohle.

Ein anderes Beispiel für Abbauverfahren mit Gewinnung zweier Flözbänke nacheinander bietet folgender Abbau, welcher in einem Doppelflöz mit festem Bergmittel und gutem Hangenden geführt wurde:[1]) zuerst wurde die Oberbank mittels Firstenbaus bis zur Abbaugrenze verhauen und sodann von hier aus rückwärts schreitend die Unterbank durch kurze Querschläge aus den Grund- und Teilsohlenstrecken des hangenden Flözes in Abständen von 5 zu 5 m gelöst (ähnlich wie in umstehender Fig. 400); jeder der auf diese Weise in der Unterbank gebildeten Abschnitte wurde mittels schwebenden Stoßbaus hereingewonnen.

128. — Scheibenbau mit abschnittweise abwechselndem Abbau in der Unter- und Oberbank. Im vorstehenden handelte es sich um Verfahren, bei welchen zunächst der in der einen Bank in Angriff genommene Abbauabschnitt oder -Streifen vollständig verhauen wurde, ehe zum Abbau der anderen Bank übergegangen wurde. Der nunmehr zu beschreibende Scheibenbau, bei welchem der Abbau in der einen Bank jedesmal nach Hereingewinnung eines Abschnitts von einigen Metern unterbrochen wird, damit vor seinem weiteren Fortschreiten erst ein entsprechender Abschnitt in der anderen Bank gewonnen werden kann, wird vorzugsweise dann angewendet, wenn beide Bänke mittels Pfeilerrückbaus abgebaut werden, weil dabei die Leute den alten Mann hinter sich lassen, also nicht durch ihn belästigt oder gefährdet werden. Ein Beispiel wird durch Fig. 400 *a* und *b* (Pfeilerbau in einem steilstehenden Doppelflöz) veranschaulicht; vorgerichtet wird nur die Unterbank, so daß die Oberbank vollständig unverritzt bleibt, bis die Abbaustrecken der Unterbank

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salin.-Wes., Bd. 54, 1896, S. 174.

die Baugrenze erreicht haben. Ist das geschehen, so ist mittlerweile in etwa 5—10 m Abstand von der streichenden Baugrenze auf jeder der einzelnen nacheinander an der Baugrenze ankommenden Strecken ein Durchbruch oder Querschlag *q* nach der Oberbank hergestellt worden. Nun wird in der Oberbank ein bis zum Durchbruch reichender Abschnitt verhauen, worauf

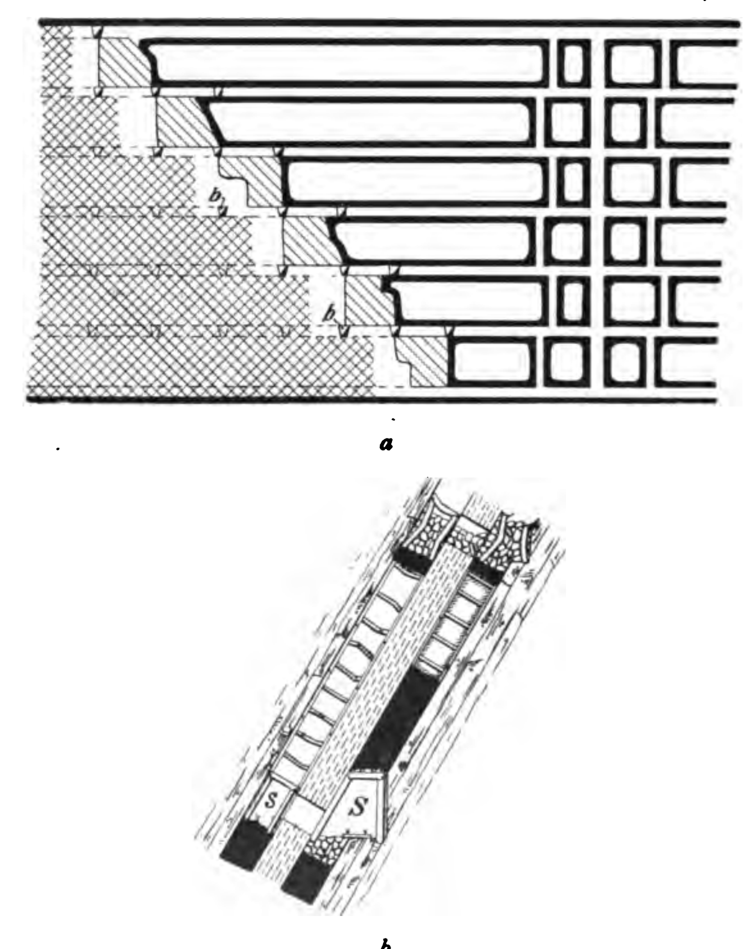


Fig. 400*a* und *b*. Scheibenbau mit abschnittweise in beiden Bänken abwechselndem Pfeilerbau.

der entsprechende Abschnitt in der Unterbank in Verhieb genommen wird. Inzwischen sind dann in demselben Abstand neue Durchbrüche von der Unter- zur Oberbank hergestellt worden, so daß nunmehr wieder ein Abschnitt der Oberbank gewonnen werden kann usf. Auf diese Weise schreitet der Abbau weiter vor, und zwar in der beim Pfeilerbau üblichen Reihenfolge, d. h. mit Vorausgehen der oberen Pfeiler. In der Oberbank werden nur kurze „verlorene“ Streckenstücke *s* unmittelbar vor der Gewinnung

der einzelnen Abschnitte hergestellt. Ist der Abstand der Durchbrüche nur gering, so kann man auch die Abschnitte der Oberbank nach beiden Seiten hin von den Durchbrüchen aus in Angriff nehmen und die Kohlen der Oberbank durch Einbau von Holztrichtern unmittelbar der Mündung der Durchbrüche zuführen, so daß das Schaufeln der Kohlen in der Oberbank fortfällt.

Der Abstand der Durchbrüche oder Querschläge *q* voneinander hängt in erster Linie von der Stärke des Zwischenmittels ab; man setzt sie um so weiter auseinander, je mächtiger dieses Mittel ist. Im übrigen ist auch das Verhalten des Nebenflözes von Bedeutung. Hat dieses ein druckhaftes Hangendes, so müssen die Abschnitte schmal, d. h. die Abstände der Durchbrüche kurz gehalten werden, wogegen bei gutem Gebirge und einer für eine Förderung mit kleinen Förderwagen ausreichenden Mächtigkeit des Nebenflözes entsprechend breitere Abschnitte genommen werden und im Nebenflöz, sowie in den Querschlägen jedesmal kurze Gestängestücke verlegt werden können. Außerdem kann bei größerer Mächtigkeit des Zwischenmittels und geringer Mächtigkeit der Nebenbank im Verhältnis zur Hauptbank auch eine Beschränkung der Zahl der Durchbrüche in der Fallrichtung stattfinden, wie Fig. 401 zeigt; hier werden im Nebenflöz Pfeiler von der doppelten Höhe derjenigen des Hauptflözes gebildet, weil in dünnen Flözen mit gutem Hangenden die Pfeilerhöhen größer genommen werden können; die Durchbrüche bleiben also bei der Hälfte der Strecken fort. Sie sind im übrigen hier ansteigend als Rolllöcher hergestellt, so daß die im Nebenflöz fahrenden kleinen Förderwagen ihren Inhalt bequem in die Hauptwagen entleeren können.



Fig. 401. Pfeilerbau in 2 Nachbarflözen mit verschieden hohen Pfeilern.

Bei noch größerer Stärke des Zwischenmittels beschränken sich die Durchbrüche auf solche am Bremsberg; es geht dann der Scheibenbau in das früher besprochene Verfahren der Bildung von Flözgruppen mit gemeinsamem Bremsberg und Verbindung desselben mit den einzelnen Flözen durch Ortquerschläge über.

Endlich sei hier noch auf ein Verfahren eingegangen, das bereits den Übergang vom regelrechten Scheibenbau zu einer besonderen Art des Verhiebes beim einfachen Pfeilerbau darstellt; in dem durch Fig. 402

veranschaulichten Falle wird nach Ankunft der in der Unterbank aufgefahrenen Abbaustrecken an der Baugrenze abschnittweise zuerst die Oberbank verhauen, dann das Bergmittel abgedeckt und zum Aufbau von Bergemauern mit Zwischenfüllung verwendet und zuletzt die Unterbank hereingewonnen. Das Verfahren eignet sich dort, wo bei flacher Lagerung das Hangende gut und das Bergmittel nicht zu mächtig und nicht von sehr fester Beschaffenheit ist. Es hat dann den Vorteil des

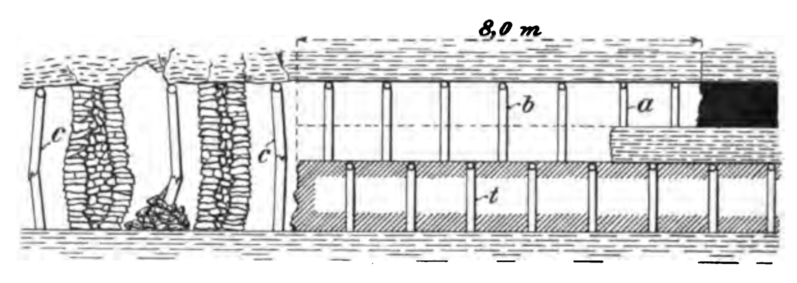


Fig. 402. Pfeilerrückbau mit Gewinnung der einzelnen Bänke in Abschnitten. (Längsprofil durch eine Förderstrecke.)

sicheren Arbeitens, da die Leute immer einen festen Standort unter sich haben und nicht vor hohen Stößen zu arbeiten brauchen, auch das Hangende einigermaßen durch das Aufmauern des Bergmittels getragen wird; dabei sind diese Bergepfeiler nicht zu schwierig herzustellen, weil die Leute während ihrer Aufführung noch auf der Unterbank stehen, also bequem bis zum Hangenden reichen können. Nachteilig ist der große Holzverbrauch, da dieselbe Fläche des Hangenden nacheinander dreimal (durch die Stempel *a*, *b* und *c*) abgefangen werden muß; jedoch läßt sich ein Teil des Holzes wieder verwenden.

Der Stoßbau auf mächtigen Lagerstätten.

129. — Vorbemerkung. Besondere Formen des Stoßbaus finden für große Mächtigkeiten vorzugsweise dann Anwendung, wenn das Einfallen stärker wird. Die Bevorzugung dieses Abbauverfahrens für den Abbau mächtiger Lagerstätten erklärt sich daraus, daß bei großer Mächtigkeit nur kleine Flächen auf einmal freigelegt werden dürfen und daß auf der anderen Seite in solchen Lagerstätten ausreichende Gelegenheit geboten wird, durch gleichzeitiges Ansetzen einer größeren Zahl von Stößen eine befriedigende Förderleistung zu erzielen, zumal auch die Mächtigkeit der einzelnen Stoßscheiben genügend groß genommen werden kann, um die Leistungsfähigkeit eines Einzelbetriebes möglichst zu erhöhen.

Man kann einen solchen Abbau streichend oder querschlägig führen.

130. — Streichender Stoßbau. Ein Bild eines streichenden Stoßbaus auf einem etwa $6^1/_2$ m mächtigen Doppelflöz der Zeche Massen bei Dortmund gibt Fig. 403. Die Stöße werden in der ganzen Flözmächtigkeit vorgetrieben; sie erhalten nur Streckenhöhe. Es wird zuerst, beim Auffahren des untersten Stoßes, da noch keine durchgehende Wetterverbindung mit der oberen Sohle besteht, außer der in der Mitte frei gelassenen

Förderstrecke eine Wetterrösche am Liegenden offen gehalten, während die beiden anderen der 4 Abschnitte des Querschnitts gleich wieder mit Bergen zugesetzt werden. Nach Erreichung der Baugrenze wird dort ein Wetter- und Fahrüberhauen hergestellt. Beim Abbau der höheren Stöße wird zunächst immer der den beiden mittleren Abschnitten entsprechende Teil des Kohlenstoßes angegriffen und soweit vorausgetrieben, daß ein neues Feld der Türstockzimmerung Platz findet. Der neu gesetzte Türstock wird durch einen Mittelstempel in eine offen zu haltende Förderstrecke F und einen gleich wieder zu versetzenden Abschnitt geteilt. Dem Mittelstück folgen dann die Stoßteile am Hangenden und am Liegenden, deren aus halben Türstöcken bestehende Zimmerungen an die Kappe des mittleren Türstocks angeblattet werden; auch diese Abschnitte werden gleich wieder versetzt. Außerdem wird, wie überhaupt beim Stoßbau, das überfahrene Stück der alten Förderstrecke (F_1) immer gleich mitversetzt. Die letztere dient übrigens in ihrem noch offenen Teile für den höheren Stoß nur noch als Wetterstrecke, da dieser seine außer dem Bergmittel noch erforderlichen Versatzberge vom Kohlenbremsberge oder -Bremsschachte her erhält, die neue Förderstrecke F_2 daher sowohl zur Kohlen- wie auch zur Bergeförderung dient (vergl. oben S. 360 u. f.). Um den Förderstrecken eine feste Sohle zu geben, werden sie abwechslend in den rechten und linken Abschnitt des Mittelgevierts verlegt, so daß sie den Versatz unter sich haben. Die Zimmerungen der einzelnen Stöße werden unmittelbar auf einander gesetzt und vorläufig durch lange Drahtstifte in dieser Lage festgehalten.

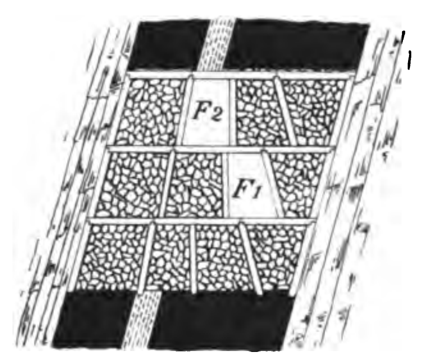


Fig. 403. Stoßbau im $6^1/_2$ m-Flöz der Zeche Massen.

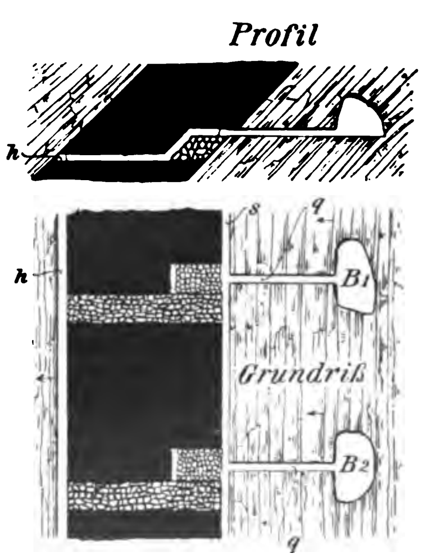


Fig. 404. Querstoßbau in einem mächtigen Flöz.

131. — **Querstoßbau.** Einen querschlägig geführten Stoßbau („Querstoßbau") zeigt Fig. 404. An Vorrichtungstrecken sind aufzufahren zwei streichende Strecken *s* und *h* am Liegenden und am Hangenden, deren

vertikaler Abstand der Stoßhöhe entspricht und die in der Höhenlage von h durch ebensoviele querschlägige Verbindungstrecken, als Stöße angesetzt werden sollen, verbunden werden. Die Stöße rücken vom Liegenden zum Hangenden vor, wobei die untere Querstrecke versetzt und oben eine neue derartige Strecke offen gehalten wird. Breite und Höhe der Stöße richten sich nach der Festigkeit der Kohle. Zur Erzielung einer genügenden Förderleistung und zur Beschleunigung des Abbaus, welche wegen der in mächtigen Flözen besonders zu fürchtenden Brandgefahr wünschenswert ist, können in geringen streichenden Abständen mehrere Stöße angesetzt werden. Die Figur veranschaulicht außerdem die Gewinnung der Versatzberge aus Bergemühlen B_1 B_2 im Liegenden und deren Zuführung durch die Querschläge q.

Der Abbau in horizontalen Scheiben. (Querbau.)

132. — **Wesen des Querbaus. Allgemeines.** Dieser Abbau ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Lagerstätte von großer Mächtigkeit in horizontale „Scheiben“ oder „Platten“ zerlegt und jede derselben für sich in der ganzen söhligen Breite der Lagerstätte gewonnen wird. In der Regel wird ein solcher Abbau als „Querbau“ bezeichnet, da der Verhieb meist querschlägig vom Liegenden zum Hangenden geführt wird; jedoch findet sich vielfach auch streichender Verhieb, der von Querstrecken aus zu Felde rückt, welche die ganze Lagerstätte durchörtern. Eine Zusammenstellung des Querbaus mit dem Scheibenbau und dem Querstoßbau zeigt, daß diese 3 Verfahren die 3 Möglichkeiten der Zerlegung einer Lagerstätte in Streifen nach den drei Dimensionen verkörpern, indem beim Scheibenbau streichende, beim Querstoßbau seigere und beim Querbau söhlige Scheiben oder Platten gebildet werden. Allerdings ist der Unterschied zwischen dem Querbau und dem Querstoßbau nicht ganz scharf, da beide Verfahren einander um so ähnlicher werden, je breiter und niedriger die Abbaustöße beim Querstoßbau und je schmaler und höher sie beim Querbau genommen werden. Jedoch ist auch dann noch der Querstoßbau dadurch gekennzeichnet, daß bei ihm die Berge von einer über der Kohlenabfuhrstrecke liegenden Strecke nachgestürzt werden, während beim Querbau Berge- und Kohlenförderung in derselben Ebene erfolgt.

Der Verhieb der einzelnen Scheiben erfolgt beim Querbau im allgemeinen in der Reihenfolge von unten nach oben. Ist jedoch die Kohle sehr gebräch und leicht entzündlich und die Schlagwetterentwicklung stark, so kann es zweckmäßiger werden, in umgekehrter Reihenfolge die unteren Scheiben nach den oberen in Angriff zu nehmen, so daß die Firste im Abbau nicht durch die Kohle, sondern durch den Versatz gebildet wird. Es wird dadurch einmal die Bildung von „Wettersäcken“ durch Herausbrechen von Kohlenstücken aus der Firste verhütet. Auch können keine Kohlen in den Versatz geraten. Ferner werden die Hauer nicht durch Kohlenfall gefährdet. Endlich wird die Gefahr der Selbstentzündung umgangen, welche sonst durch die starke Zerklüftung der Firstkohle besonders nahe gerückt wird, weil diese vielen Klüfte dem Zutritt der Luft zur Kohle, der die Selbstentzündung veranlaßt, ebensoviele Wege öffnen. Naturgemäß muß aber beim Abbau von oben nach unten ein Versatz eingebracht werden, welcher sich nach der Zusammenpressung als Dach

eignet. Zu diesem Zwecke wird den Versatzbergen mildes Versatzgut (z. B. Letten oder Schieferton) in solcher Menge zugesetzt, daß sich die harten Berge fest in dieses hineindrücken; man kann dadurch einen Versatz erzielen, welcher nach der Zusammenpressung manchem natürlichen Hangenden vorzuziehen ist.

133. — Beispiele für den Querbau. Ohne auf die einzelnen Ausführungsformen dieses Verfahrens näher einzugehen, sei hier nur kurz an der Hand der Figuren 405 und 406 auf 2 Beispiele hingewiesen, welche dem südfranzösischen Steinkohlenbergbau entnommen sind. Die Figur 405 veranschaulicht einen Querbau im engeren Sinne. Die Vorrichtung jeder einzelnen, 2,5 m hohen Scheibe

Fig. 405. Querbau von einer Mittelstrecke aus.

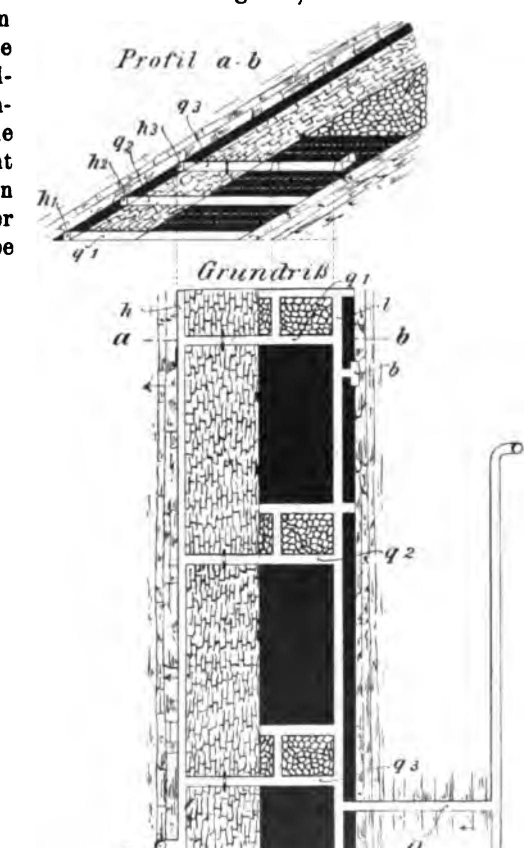
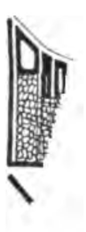


Fig. 406.[1] Querbau mit gleichzeitigem Verhieb mehrerer Bauabschnitte.

erfolgt durch eine streichende Strecke, die hier in die Mitte gelegt ist, um bei der besonders großen Flözmächtigkeit durch Abbau nach beiden Seiten hin eine größere Zahl von Angriffspunkten erhalten und so den Verhieb möglichst beschleunigen zu können. Die Vorrichtungstrecken in den einzelnen Scheiben werden etwas gegeneinander versetzt, damit jede eine feste Bergeversatzsohle erhält.

[1]) Verhandlungen der Stein- und Kohlenfall-Kommission, Texttaf. XIX bei S. 380.

Bei dem Abbau nach Fi
Anzahl von Bauabschnitten z
2—3 m Höhe abgebaut wird
Abbau geführt werden. Di
folge von oben nach unten
der einzelnen Scheiben in
Als Vorrichtungstrecken f
Strecken *l*, welche nahe a
bank von diesem getrenn
bremsberg *b* verbunden
Liegenden stehenden S
sie von der Tagesober
durch den im Hangen
mit einem blasenden



q_1 q_2

während
von de
Blick
streck
ziehst
einh
Dro
hie
flö
P

I

südfranzösischen Kohlenflöz; jede Scheibe des Flözes wird durch Querstrecken in eine größere Anzahl von Streifen zerlegt, deren jeder sodann von rückwärts her unter Einbringung von Versatz hereingewonnen wird. Die Kohlen werden in der streichenden Vorrichtungstrecke g gesammelt und durch den Querschlag q_1 zum Schachte s gefördert, während der Bremsschacht b und der Querschlag q_2 die Zuführung der Versatzberge vermitteln.

i) Der Abbau mit Spülversatz.

134. — Einleitung. Bereits oben (S. 331 u. f.) ist darauf hingewiesen worden, daß die Wirksamkeit des Bergeversatzes für die Verhütung von Gebirgsbewegungen je nach der Beschaffenheit und Einbringung des Versatzgutes und nach den Lagerungs- und Abbauverhältnissen durchaus verschieden ist und daß die Einspülung feinkörnigen Versatzgutes mit einem unter Druck stehenden Wasserstrom den weitaus besten Versatz abgibt.

Der Spülversatz ist bereits zu Anfang der 1880er Jahre vorübergehend auf der Königsgrube in Oberschlesien[1]) und Ende der 1880er Jahre auf nordamerikanischen (pennsylvanischen) Steinkohlenbergwerken angewendet worden. Er war jedoch in beiden Gegenden noch nicht in die unmittelbare Beziehung zum Abbau getreten, in der wir ihn heute finden: im erstgenannten Falle handelte es sich in erster Linie um die Beseitigung von lästigen Schlämmen aus Klärsümpfen über Tage durch deren Einspülung in die Grubenbaue, während in Pennsylvanien erst nach beendigtem Abbau ohne Versatz durch Bohrlöcher von der Tagesoberfläche aus Versatzgut in die alten Baue gespült wurde, um Gebirgsbewegungen möglichst hintanzuhalten. Unabhängig von diesen beiden Anwendungen des Spülversatzes wurde er seit 1895 im sächsischen Steinkohlenbergbau verschiedentlich benutzt, um den Luftzutritt zu alten Bauen völlig abzuschließen und dadurch Grubenbrände zu verhüten. Die Einführung eines planmäßigen Spülversatzes im großen in den deutschen Bergbau ist erst im Anfang unseres Jahrhunderts nach dem Vorgange des oberschlesischen Steinkohlenbergbaus erfolgt.

135. — Spülversatz und Erdoberfläche. Da der gewöhnliche Handversatz, wie oben ausgeführt, die schädlichen Einwirkungen des Bergbaus auf die Tagesoberfläche bereits erheblich abschwächt und bei einigermaßen guter Ausführung und mäßiger Flözmächtigkeit kleinere Gebäude vor erheblicheren Beschädigungen bewahrt, so kommt der Spülversatz in erster Linie für solche Fälle in Frage, in denen auch eine mäßige Zusammenpressung der Ausfüllungsmasse, welche der Handversatz nicht verhütet, bereits schädlich wirkt. Diese Bedingung liegt z. B. stets vor, wenn es sich um sehr mächtige Lagerstätten handelt; eine Zusammenpressung des Versatzes um 30 % beispielsweise, welche bei einer Mächtigkeit von 1 m nur eine Senkung von 30 cm bedeutet, hat für ein Flöz von 10 m Mächtigkeit eine Senkung von 3 m im Gefolge. Aber auch die geringfügigen Bewegungen, welche ein Abbau mit nicht ganz dichtem Versatz in Lagerstätten von geringer Mächtigkeit nach sich zieht,

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt. u. Salin.-Wes., Bd. 31, 1883, S. 196.

können unter Umständen großen Schaden anrichten, nämlich dort, wo es sich um größere Gebäude und Anlagen handelt, deren Größe nicht gestattet, sie gleichmäßig in ihrer ganzen Ausdehnung sinken zu lassen oder welche, wie Kanalschleusen, Eisenbahnen u. dergl., auch gegen kleine Bewegungen an sich empfindlich sind. Die Notwendigkeit der äußersten Beschränkung der Senkungen ist ferner auch dann gegeben, wenn in Gegenden mit hohem Grundwasserstande oder in Gebieten, welche von einem Wasserlauf mit geringem Gefälle durchflossen werden, Wasserschäden und Vorflutstörungen, zu deren Herbeiführung schon kleine Senkungen ausreichen, vermieden werden sollen. Als Beispiel für solche Verhältnisse braucht nur auf den Unterlauf der Emscher verwiesen zu werden.

136. — Spülversatz und Grubenbetrieb. Außer diesen Rücksichten auf die Tagesoberfläche kommen auch bergmännische Gesichtspunkte für die Anwendung des Spülversatzes in Betracht. In vielen Fällen kann die Einbringung des Versatzes durch einen Wasserstrom sich billiger stellen als nach dem gewöhnlichen Verfahren. Ferner verringert das sichere Tragen des Hangenden durch den Versatz die Steinfallgefahr und ermöglicht durch die Verwendung eiserner, immer wieder zu benutzender Stempel eine wesentliche Holzersparnis.

Auch wird die Hauerleistung erhöht, da der Versatz abschnittweise auf einmal eingebracht wird und infolgedessen die Leute nicht fortwährend durch die Versatzarbeit gestört und gehindert werden. Dazu kommt die wesentliche Verbilligung der Streckenunterhaltung infolge der Verringerung des allgemeinen Gebirgsdrucks. Weiter ist zu bedenken, daß die fast gänzliche Verhütung von Gebirgsbewegungen den Abbau einer Lagerstätte von dem einer benachbarten unabhängig macht, so daß die Reihenfolge der Inangriffnahme der einzelnen Lagerstätten beliebig ist. Dieser Vorteil ist besonders für solche Gruben wichtig, welche auf Grund von Lieferungsverträgen oder für ihren eigenen Betrieb (Kokerei oder Brikettfabrik) dauernd einen gleichbleibenden Anteil ihrer Förderung aus ganz bestimmten Lagerstätten gewinnen müssen.

Für manche Fälle scheidet die Frage, ob der Spülversatz wirtschaftlich vorteilhaft ist oder nicht, in gewissen Grenzen vollständig aus: dann nämlich, wenn über der Gerechtsame einer Grube so viele große und empfindliche Tagesanlagen, wie Kirchen, Fabrikgebäude, Hüttenanlagen u. dergl., liegen, daß dieser Grube nur die Wahl zwischen dem Abbau mit Spülversatz einerseits und der baldigen Erschöpfung der geringen, nach Anstehen lassen der erforderlichen Sicherheitspfeiler noch verfügbaren Mineralienmengen anderseits bleibt. Hier wird also auch bei ausnahmsweise hohen Gestehungskosten der Spülversatz noch angewandt werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist für die Schonung der Tagesoberfläche sowohl wie für den Bergbaubetrieb selbst der Spülversatz für mächtige, flachgelagerte Lagerstätten, da in diesen die gewöhnliche Einbringung von Versatz bis unter das Hangende auf große Schwierigkeiten stößt, ein Abbau mit unvollständigem Versatz aber oder gar ganz ohne Versatz gefährlich und unvollkommen ist und sehr schwere Schäden an der Erdoberfläche im Gefolge zu haben pflegt.



137. — Materialfrage. Als Material für den Spülversatz kommen in erster Linie feinkörnige Berge in Betracht, wie feine Waschberge von Steinkohlengruben, Kesselasche, granulierte (durch Einleiten der glutflüssigen Schlacke in Wasser zerstäubte) Hochofenschlacke, Sand, Lehm u. dergl. Der günstigste Stoff ist im allgemeinen Sand, welcher sich leicht mit Wasser mischen und durch Wasser forttragen läßt, einen sehr dichten Versatz liefert und das Wasser nachher schnell und in ziemlich klarem Zustande wieder abgibt, allerdings die Rohrleitungen nicht unerheblich angreift. Waschberge aus Steinkohlenwäschen haben infolge ihres Schwefelkiesgehaltes ein ziemlich hohes spezifisches Gewicht, so daß sie viel Wasser erfordern; auch reiben ihre weichen, kohligen Teile sich stark ab, wodurch schwer zu klärende Abwässer entstehen. Außerdem säuert der sich zersetzende Schwefelkies das Wasser, welches einen fortgesetzten Kreislauf macht, im Laufe der Zeit nicht unerheblich an. Kesselasche hat wegen ihrer geringen Mengen nur untergeordnete Bedeutung. Granulierte Hochofenschlacke kommt für solche Gruben in Betracht, welche in der Nachbarschaft von Hüttenwerken liegen. Sie hat in solchem Falle den Vorzug, daß sie billig und in großen Mengen und regelmäßigen Lieferungen zur Verfügung steht und für die Hütte erwünschte Gelegenheit bietet, sich der äußerst lästigen Schlackenmengen zu entledigen; anderseits greift sie wegen ihrer großen Härte und ihrer Scharfkantigkeit die Rohrleitungen stark an und liefert, da sie porös ist, für sich allein keinen völlig dichten Versatz. Lehm endlich ist für die Erhaltung der Rohrleitungen sehr günstig, führt aber leicht Verstopfungen herbei und hat besonders den Nachteil, daß seine feinsten Teile von dem aus dem Abbau abfließenden Wasser mitgeführt werden und sich aus diesem nur sehr schwer und langsam wieder abscheiden lassen. Es muß daher bei der Verspülung von Lehm in größeren Mengen (abgesehen von dem Falle des vereinigten Hand- und Spülversatzes, vergl. S. 406 u. f.) dafür Sorge getragen werden, daß seine vollständige Auflösung im Wasser vermieden wird, anderseits aber auch keine zu groben Brocken eingespült werden, welche leicht zu Verstopfungen Anlaß geben.

Als Beimischung zu feinkörnigerem Versatzgut kommt auch Kies in Betracht.

Die auf natürlichen Ablagerungen vorkommenden Spülmaterialien Sand, Kies, Lehm u. dergl. werden im Großbetriebe durch Baggerarbeit oder durch die spülende Wirkung des Wasserstrahls gewonnen. Im ersteren Falle werden Bagger mit Schneidezähnen an den Eimern, auch wohl mit Vorschneidemessern an der unteren Kettenscheibe, verwendet. Ein Bagger liefert je nach der Bauart und nach der Beschaffenheit des Baggergutes 700—2000 cbm täglich.

Die Wasserstrahlgewinnung kann dort in Frage kommen, wo die Ablagerungen in der Nähe der Grube und oberhalb der Hängebank liegen. Letzteres ist notwendig, weil ein nachträgliches Heben des Schlammwassers zu große Schwierigkeiten verursachen würde. Bei Sand kann man mit 6—7 Atm. Druck auskommen, während fester Lehm 16—17 Atm. erfordert.

An zweiter Stelle sind für den Spülversatz auch grobe Berge in Betracht zu ziehen, wenn sie nicht zu hart sind und sich daher ohne zu große Kosten auf die gewünschte Korngröße zerkleinern lassen, wie ver-

witterte Tonschiefer (Haldenberge), Mergel u. dergl. Solche Berge können aber nur als Zusatz zu feinkörnigem Versatz verwendet werden, wenn ein dichter Versatz erzielt werden soll (siehe Ziff. 138).

Die für das gröbste Korn noch zulässige Korngröße richtet sich nach den der Fortbewegung des Versatzgutes in den Spülrohrleitungen entgegenstehenden Schwierigkeiten: je weiter die Wege, je zahlreicher die Krümmungen und je größer die etwa unterwegs noch zu überwindenden Steigungen sind, um so kleiner muß das gröbste Korn sein, wenn der Wasserverbrauch nicht unverhältnismäßig ansteigen soll. Daher liegt die obere Grenze für ungünstige Verhältnisse etwa bei 40, für günstige bei 80 mm; vereinzelt ist man sogar bis 100 mm gegangen.

138. — Mischungsverhältnis. Die Menge der beizumischenden Materialien von gröberer Körnung, auf welche man bei Mangel an hinreichend feinkörnigen Massen zurückgreifen muß, darf naturgemäß einen mäßigen Prozentsatz nicht übersteigen, wenn man nicht einen zu lockeren Versatz erhalten will. Man kann als Regel hinstellen,[1]) daß mindestens 50 p. Ct. der einzuspülenden Berge aus Korngrößen von unter 6 mm bestehen müssen und daß die Stücke mit mehr als 40 mm nur einen sehr geringen Prozentsatz ausmachen dürfen. Wird das richtige Mischungsverhältnis innegehalten, so werden die Hohlräume zwischen den gröberen Stücken durch die feineren und feinsten Teile ausgefüllt, so daß ein solcher Versatz einem aus reinem Sand bestehenden nahezu gleichwertig sein kann. Nach Versuchen,[2]) welche die Bergwerksgesellschaft von Lens in Nordfrankreich angestellt hat, wurde durch einen Druck von 204 kg pro Quadratzentimeter, entsprechend etwa einer Gebirgsschicht von 800 m Dicke, ein Versatz, welcher bestand aus:

Schiefer A von 10—25 mm	Schiefer B von 4—10 mm	Grünsand mit Lehmgehalt	weißem Quarzsand	40 % Schiefer A und 60 % Quarzsand
zusammengepreßt um:				
27,5 p. Ct.	17,6 p. Ct.	9,5 p. Ct.	5,1 p. Ct.	6,9 p. Ct.

Die zuletzt angeführte Sand- und Schiefermischung erwies sich also als nahezu ebenso dicht wie reiner Sand.

Auch nach anderen Richtungen hin sind Mischungen vorteilhaft: Lehmzusatz zu granulierter Schlacke füllt deren Poren aus und verringert den Verschleiß der Rohrleitungen: scharfkantige Steinbruchstücke, wie sie der Steinbrecher liefert, geben einen festen Verband; Koksstaub erleichtert die Abscheidung des Wassers aus Lehm u. dergl. So ist man auf der Dreifaltigkeitsgrube in Polnisch-Ostrau,[3]) wo man wegen geringer Vorräte an Sand mit diesem sehr sparsam umgehen mußte, nach einer Reihe von Versuchen dahin gelangt, eine Mischung von 30 % Lehm, 20 % scharfkantigen Bergen, 10 % Sand, 25 % Koksstaub und 15 % Waschbergen von weniger als 20 mm Korngröße einzuspülen.

139. — Wasserzusatz. Der Wasserzusatz muß natürlich auf ein möglichst geringes Maß herabgedrückt werden, da alles Wasser wieder

[1]) Haton de la Goup., Bd. II, S. 68, Anm.
[2]) Daselbst, S. 88.
[3]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1904, S. 3.

gehoben werden muß und daher der Wasserverbrauch für die Wirtschaftlichkeit des Spülversatzes von erheblicher Bedeutung ist. Eine gewisse Mindestmenge von Wasser ist zur Fortbewegung erforderlich; es kommen hier die bereits bei Besprechung der Korngröße angeführten Gesichtspunkte in Betracht. Um Verstopfungen hintanzuhalten, sollte der Schlammstrom in den Rohrleitungen nicht unter 1,5—2 m Geschwindigkeit haben. Damit das Mindestmaß von Wasser bei der Mischung von Wasser und Versatzgut möglichst wenig überschritten werde, ist eine möglichst feine Verteilung beider Bestandteile bei der Herstellung der Schlammtrübe erforderlich, da dann eine gründliche Durchtränkung mit Wasser stattfindet; außerdem müssen die Arbeiter sorgfältig überwacht werden, weil sie naturgemäß dazu neigen, sich die Arbeit durch reichlichen Wasserzusatz zu erleichtern. Als sehr günstig kann ein Wasserverbrauch von 1 cbm je cbm Versatzgut bezeichnet werden; jedoch muß man häufig mit einem Verhältnis von 2 : 1 zwischen beiden Bestandteilen zufrieden sein; vereinzelt werden auch Wassermengen von 3 cbm und mehr für 1 cbm Versatz erforderlich. Auch die seigere Höhe der Fallleitung ist von wesentlicher Bedeutung. Eine größere Fallhöhe verringert nicht nur den Wasserverbrauch infolge der stärkeren Beschleunigung, welche sie dem Wasserstrom erteilt, sondern bewirkt auch ein festeres Zusammenpressen der Versatzteilchen im Abbau durch das heftigere Ausströmen des Wassers.

140. — Mischanlagen. Allgemeines. Die Herstellung der Spülmischung kann über oder unter Tage erfolgen. Im ersteren Falle wird also der Spülstrom von der Hängebank aus in die Grube geführt, während die Mischung unter Tage entweder in der Nähe des Schachtes für alle Betriebe gemeinsam oder weiter im Felde an verschiedenen Stellen in der Nähe der in Frage kommenden Bauabteilungen bewerkstelligt werden kann.

Das Einspülen von Tage her bietet wichtige Vorteile: die Mischung erfolgt bei Tageslicht und läßt sich daher gut überwachen; Raum ist genügend vorhanden; die Fallhöhe im Schacht liefert eine für das Spülen auf größere Entfernungen ausreichende Beschleunigung; der tiefe Sturz der Berge kann noch zur Zerkleinerung grober Stücke ausgenutzt werden, und die Schachtförderung wird nicht durch das Einhängen von Bergen belästigt, für deren Hinabförderung vielmehr das ohnehin erforderliche Wasser in zweckmäßiger Weise ausgenutzt wird. Auf der anderen Seite muß, wenn von Tage aus gespült wird, das Wasser auch wieder bis zu Tage gehoben werden; die Rohrleitungen werden in tiefen Schächten durch Verstopfungen und daraus sich ergebende plötzliche hohe Drücke gefährdet; die Fußkrümmer, welche die Schachtleitungen mit den söhligen Rohrleitungen verbinden, haben stark zu leiden. Auch ist zu berücksichtigen, daß auch bei Herstellung der Mischung unter Tage eine Störung der Schachtförderung durch das Einhängen von Versatzgut vermieden werden kann, indem nämlich letzteres in trockenem Zustande durch genügend weite Rohrleitungen im Schachte abgestürzt wird (vergl. oben, S. 334).

Man wird im allgemeinen sagen können, daß geringe Schachtteufen (etwa bis 300 m) die Mischung über Tage, größere Teufen dagegen die-

jenige unter Tage als vorteilhafter erscheinen lassen. Besonders günstige Verhältnisse für die Einführung des Spülstromes von Tage aus bietet Oberschlesien. Dort bewegt sich nicht nur der Abbau noch in mäßigen Teufen, sondern es kann auch verschiedentlich eine Sandgewinnung mit Wasserstrahl in der Nähe des Schachtes stattfinden, so daß der Spülstrom gleich von dem Sandlager aus dem Schachte und der Grube zugeführt werden kann.

Erfolgt die Herstellung der Spültrübe in der Grube, so wird man sie meist in der Nähe des Schachtes vornehmen, namentlich wenn, wie das für die hauptsächlich des Spülversatzes sich bedienenden Bergbaugebiete zutrifft, nur wenige, aber sehr mächtige Lagerstätten abzubauen sind, so daß nur wenig Verzweigungen von der Verteilungstelle aus sich ergeben. Man hat dann den Vorteil, daß eine Bergeförderung in den Strecken fortfällt und daß die Mischanlage mit ihren Anlagekosten und Arbeitslöhnen nur einmal vorhanden zu sein braucht. Nur dort, wo der Spülversatz nur untergeordnet, etwa zur Gewinnung vereinzelter Sicherheitspfeiler von mäßigem Umfang, zur Verwendung kommt, oder wo es sich um sehr große streichende Längen handelt, kann es vorteilhafter sein, die Versatzberge ins Feld zu fördern und den Spülstrom erst in der Nähe des Abbaufeldes herzustellen.

Abgesehen von dem vorhin erwähnten Verfahren der Gewinnung anstehenden Versatzmaterials mittels des Wasserstrahles selbst kann die Mischung von Versatz und Wasser auf 2 Hauptarten erfolgen, nämlich:

1. durch Zusammenführen beider Teile in dem Aufgabetrichter für das Versatzgut,
2. durch gesonderte Zuführung des Wassers zur Durchtränkung des aus dem Trichter stürzenden Versatzgutes.

141. — **Mischung auf dem Rost.** Bei diesem Verfahren ist Wert darauf zu legen, daß durch die Wasserstrahlen selbst eine möglichst gründliche Zerteilung vor der Durchtränkung stattfindet, da nicht nur der Wasserverbrauch um so mehr verringert, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Mischanlage um so höher gesteigert wird, je feiner das Spülgut verteilt wird. Nur bei Lehm muß eine feine Zerteilung sorgfältig vermieden werden, damit nicht eine Lehmtrübe gebildet wird, aus der die feinen Teilchen sich nur sehr schwierig wieder abscheiden lassen. Eine mit gutem Erfolg arbeitende Mischanlage nach dem Vorbilde der Anlage auf der Hedwigswunschgrube in Oberschlesien[1]) zeigt Fig. 408. Wie bei allen derartigen Anlagen ist in dem Aufgabetrichter a ein starker Rost g eingebaut, welcher die zu groben Stücke zurückhalten soll und dessen Spalt- oder Lochweite daher der höchsten noch zulässigen Korngröße (siehe oben) entspricht. Oberhalb des Aufgabetrichters ist ein Kreiselwipper zur Entleerung der Bergewagen eingebaut, oder es führt über ihn ein Fördergestänge für Wagen mit Seitenentladung. Bevor das Gut auf diesen Rost fällt, muß es durch einen lebhaften Wassersprühregen hindurch, welcher dadurch hergestellt wird, daß die Hauptzuführungsleitung r mit 2 Zweigrohren r_1 r_2 in eine Wasserkammer m mündet, von der aus 240 in

[1]) Verhandlungen d. preuß. Stein- u. Kohlenfallkommission, S. 572.

3 Reihen angeordnete Sieblöcher von 4 mm Durchmesser in das Innere des Trichters führen. Das auf diese Weise gründlich zerteilte und durchtränkte Versatzgut gerät vor Erreichung des Fußkrümmers in den Bereich einer zweiten Wasserbrause, bestehend aus einem mit zahlreichen Löchern an der Oberseite versehenen Rohr *s*, welches an das Zweigrohr r_3 angeschlossen ist; dadurch wird die Durchtränkung und Mischung vollendet und gleichzeitig einer Verstopfung des Krümmers vorgebeugt, sowie dessen Verschleiß wesentlich verringert. Auf der Saarbrücker Schachtanlage Altenwald[1]) hat man dieser Zerteilung durch Wasser noch vorgearbeitet durch den Einbau von dachartig gestellten und gegeneinander versetzten Winkeleisen *d*, auf welche das Versatzgut fällt, bevor es den Rost erreicht. — Die ganze Trichteranlage wird durch Vermittelung von angenieteten U- und L-Eisen von den I-Trägern $t_1 t_2$ getragen.

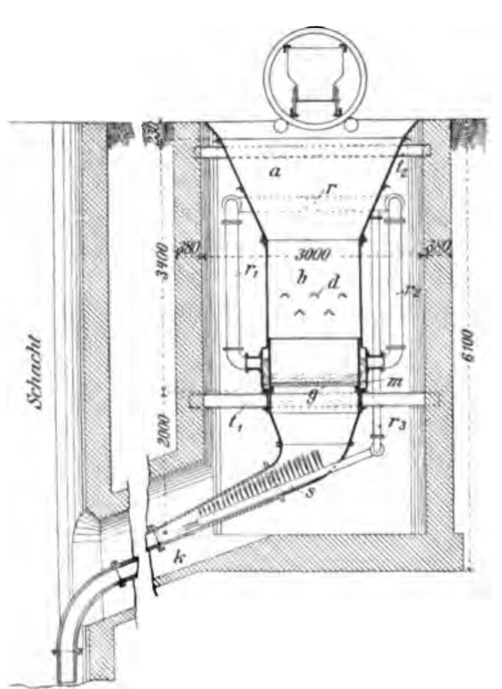


Fig. 408. Mischanlage für Spülversatz.

Von anderen Mischvorrichtungen seien nur kurz erwähnt: Einbau einer Blechrutsche vor dem Aufgabetrichter, über welche das Versatzgut durch Wasserstrahlen aus einem quergelegten Siebrohr dem Trichter zugespült wird; Einbau von 3 Rohrstutzen unter dem Rost, von denen 2 einander gegenüberstehende nach aufwärts gerichtet sind und das Aufgabegut auf dem Rost durch ihre Wasserstrahlen zerteilen, während die dritte Rohrmündung nach abwärts gerichtet ist und die Schlammmasse in die Rohrleitung spült; Einführung von 3 aufwärts- und vorwärtsgerichteten Strahlrohren tangential unterhalb des Rostes, deren Wasserstrahlen alle in demselben Sinne wirken und dem Versatzgut eine kreisende Bewegung erteilen.

Die auf dem Rost zurückbleibenden groben Stücke können von der Bedienungsmannschaft zerschlagen werden. Sollen jedoch größere Mengen grober Berge zugesetzt werden, so müssen diese erst durch einen Steinbrecher oder eine andere Zerkleinerungsvorrichtung, deren Austrag dann dem Aufgabetrichter durch eine besondere Rutsche zugeführt wird, vorgebrochen werden.

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. Bd. 53, 1905, S. 73.

Der Trichter wird in der Regel aus Blech, seltener aus Eisenbeton hergestellt. Die ganze Mischanlage wird zweckmäßig (siehe Fig. 408) in einem besonderen Hilfsschächtchen untergebracht, das einige Meter unterhalb der Hängebank mit dem Hauptschacht durch den einfallenden Querschlag *k* verbunden wird; man vermeidet auf diese Weise eine Inanspruchnahme des Raumes an der Hängebank. Verschiedene Gruben haben auch besondere Schächte zum Einfördern des Spülguts abgeteuft, so die Zeche Deutscher Kaiser,[1]) welche diesen Schächten wegen ihrer schwierigen Deckgebirgsverhältnisse nur ganz geringe Durchmesser (0,8—1,0 m) gegeben hat, so ferner die zu einem Hochofenwerk (Donnersmarckhütte) gehörende Concordiagrube in Oberschlesien, die zur Einspülung granulierter Schlacke einen Schacht in unmittelbarer Nähe der Hochöfen niedergebracht hat.

142. — **Mischanlagen mit getrennter Versatzaufgabe und Wasserzuführung.** Eine hierher gehörige Anlage veranschaulicht Fig. 409, welche die Anordnung der Aktien-Gesellschaft „Westfalia" in Gelsenkirchen wiedergibt. Hier ist in den Aufgabetrichter *A* ein schräger Rost *a* eingebaut, der die groben Berge seitlich austrägt und einem Steinbrecher oder einem Förderwagen übergibt, in welchem letzteren sie zur Halde oder zum Schachte gefahren werden können. Der Austrag der groben Stücke wird geregelt durch die Drehklappe *c*, welche mittels einer Schraubenspindel im Falle des Festsetzens von Bergestücken nach Bedarf geöffnet werden kann. Der Durchfall des Rostes gelangt in eine kleine Vorratstasche *G*. In deren Fußstück *F*, dessen Seitenwangen nach unten hin in Spitzen ausgezogen sind, befinden sich 2 drehbare Bodenklappen *e e*, welche mit Hilfe der Zahnsegmente *f f*, der Rechts- und Linksschnecken *h h* und des Handrades *i* geöffnet und geschlossen werden können; infolge des zweiseitigen Verschlusses bleibt der Austragespalt immer in der Mitte. Das herausfallende Versatzgut gelangt in dünnem Strahle in den kleinen Trichter *C* und aus diesem in den Bereich von 4 Wasserstrahlen, welche durch die Öffnungen *m* aus einer ringförmigen Wasserkammer austreten; an letztere ist die Wasserleitung *D* angeschlossen. Die Einrichtung ist noch mit einer Sicherheitvorrichtung zur Verhütung von Verstopfungen versehen, welche den Austritt des Versatzgutes in die Rohrleitung *E* für den Fall, daß der Wasserzufluß aus irgendwelchen Gründen ausbleibt, verhindert; ein dünnes Zweigrohr *k* läßt fortgesetzt einen Wasserstrahl in die drehbar verlagerte und durch ein Gegengewicht *S* ausgeglichene Kammer *q* fließen, welche letztere unten eine größere Ausflußöffnung hat. Bleibt das Wasser aus, so läuft die Kammer *q* leer und wird durch das nun die Oberhand gewinnende Gegengewicht in die horizontale Stellung herumgeklappt, in welcher sie die Rohrleitung absperrt.

Bei anderen Einrichtungen nach demselben Grundgedanken wird der Bodenverschluß des großen Trichters durch ein Kegelventil gebildet, welches durch Senken oder Heben mittels eines Handrades und einer Schraubenspindel geöffnet oder geschlossen wird und in geöffnetem Zustande einen ringförmigen Austragespalt freigibt. Oder man setzt in den Fuß des Trichters ein Zylinder-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes. Bd. 55, 1907, statist. Teil, S. 115.

stück ein, welches auf einen Verteilungsteller mündet. Dieser wird durch ein Kegelradgetriebe in Drehung versetzt. Die ausgetragene Menge kann ge-

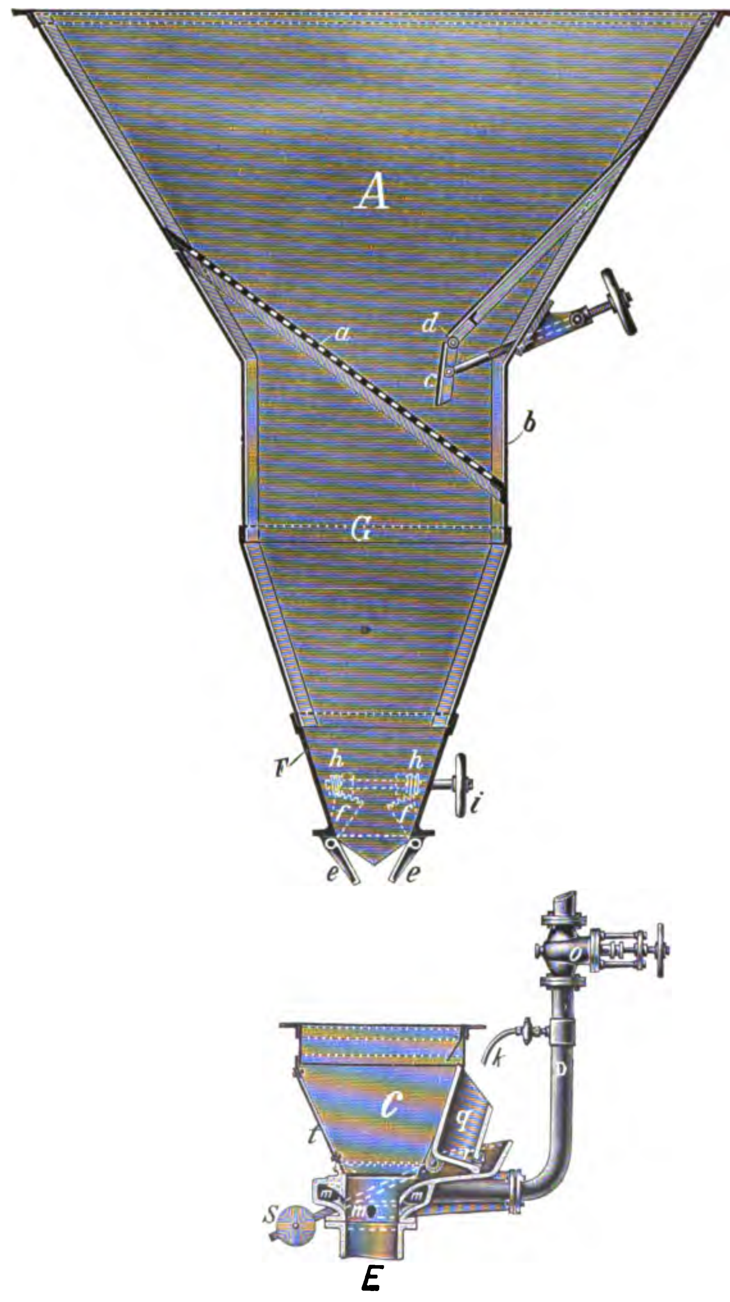


Fig. 409. Absiebe- und Mischanlage der „Westfalia" für Spülversatz.

regelt werden einmal durch Verstellung des Zylinderstückes in der Vertikalrichtung und sodann noch durch das Vorschieben und Zurückziehen von vertikal gestellten Blechen, welche die Berge von dem Teller abstreichen. Das abgestrichene Versatzgut fällt 2 Rutschen zu, die es dem Mischtrichter zuführen.

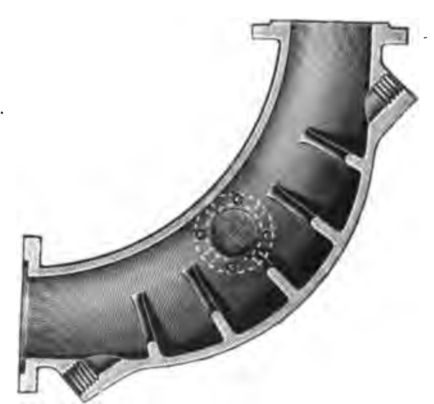
Eine getrennte Zuführung des Wassers kann auch unter Tage dann stattfinden, wenn das Versatzgut trocken durch eine Rohrleitung eingestürzt wird. Man schaltet dann zweckmäßig zwischen Fallrohr und Mischtrichter einen Vorratrumpf ein, welcher Unregelmäßigkeiten in der Zuführung und Entnahme von Versatzgut auszugleichen gestattet und an die Stelle der Tasche *G* in Fig. 409 tritt. Jedoch muß dann Vorsorge für den Fall von Verstopfungen in diesem Zwischenbehälter getroffen werden, was z. B. durch Anbringung von 2 aufwärts gerichteten Wasserrohrstutzen in der Nähe des Bodens erfolgen kann.

143. — Rohrleitungen. An die Mischanlage schließen sich die Rohrleitungen für den Schlammstrom an. Diese können aus Gußeisen oder Schmiedeeisen bestehen; Stahl wird wegen seiner hohen Kosten nur für besonders stark beanspruchte Stücke (Krümmer) verwendet. Gußeisenrohre sind billiger und haben auch, wenn verschlissen, einen höheren Schrottwert; sie verschleißen aber stärker und sind wegen ihres größeren Gewichtes schwerer zu handhaben. Aus letzterem Grunde baut man sie vielfach in kürzeren Längen ein, muß aber dann eine größere Zahl von Verbindungstellen mit in den Kauf nehmen. Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt durch lose Flanschen, nicht nur wegen des bequemeren Einbaus, sondern auch, um die einzelnen Rohre nach Bedarf drehen zu können. Das geschieht nämlich nach Möglichkeit 3—4 mal während der Lebensdauer eines Rohrstücks um je 120° bezw. 90°; man verteilt dadurch den Verschleiß, welcher naturgemäß an der jeweils unteren Seite des Rohrinnern am stärksten ist, einigermaßen auf die ganze Rohrwandung. Stark verschlissene Rohre können noch im letzten Teil der Leitung, nahe am Ausguß, Verwendung finden, da sie dort kaum noch auf Druck beansprucht werden. Zur Verhütung von Verstopfungen, welche Explosionen geschwächter Rohre zur Folge haben können, muß auf eine sorgfältige Mischung des Versatzgutes mit Wasser und auf eine genügend große Wassergeschwindigkeit Bedacht genommen werden; Krümmungen sind möglichst zu vermeiden oder mit möglichst großem Radius zu nehmen; auch empfiehlt sich das Einspritzen von Hilfswasserstrahlen an den Krümmungstellen (Fig. 408), wodurch gleichzeitig die Krümmer geschont werden. — Der Durchmesser der Rohrleitungen darf weder zu klein noch zu groß sein, da in beiden Fällen die Gefahr der Verstopfung besteht, in zu weiten Rohrleitungen auch starke Schläge und Erschütterungen durch die mitgerissene Luft hervorgerufen werden können; eine Lichtweite von 150 mm bildet die Regel.

Je härter und scharfkantiger das Spülgut ist, um so stärker schwellen die Kosten für die Erneuerung der Rohrleitungen an. In solchen Fällen hat man verschiedene Einlagen benutzt, welche die Rohre schützen sollen, wie Hirnholz, Hartgußeinlagen, Rohre aus porzellanartiger Masse u. dergl. Auf der Zeche Deutscher Kaiser bei Ruhrort, wo der einzuspülende Schlackensand eiserne Rohrleitungen in sehr kurzer Zeit ver-

schleißen ließ, hat man bis jetzt mit letzterem Stoff, welcher zwar teuer, aber außerordentlich widerstandsfähig ist, die besten Erfahrungen gemacht.

144. — Krümmer. Besondere Beachtung verdienen die Krümmer, welche den ganzen Stoß des Schlammstromes aufzunehmen haben und deren Lebensdauer nicht durch Drehung verlängert werden kann. In erster Linie leiden die Fußkrümmer zwischen einer vertikalen und einer horizontalen Leitung. Die Mittel zu ihrer Schonung sind teilweise die auch gegen Verstopfungen angewendeten: schlanker Bau der Krümmungstücke, Einführung eines Wasserstrahls unter dem höheren Druck, wie ihn die größere Tiefe an dieser Stelle mit sich bringt. Außerdem kommt noch



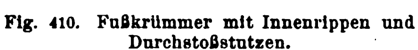


Fig. 410. Fußkrümmer mit Innenrippen und Durchstoßstutzen.

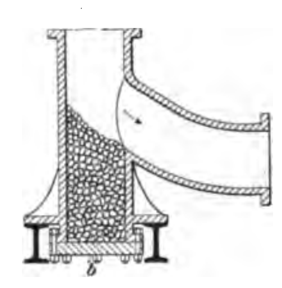
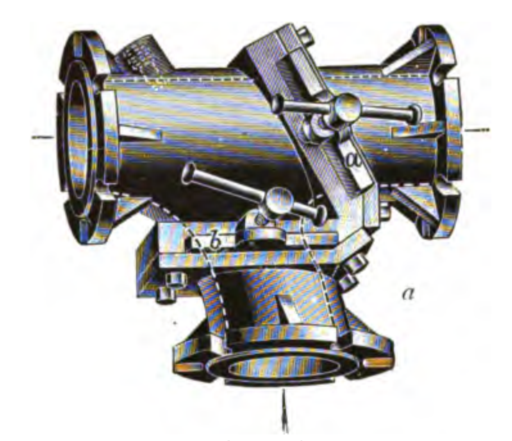


Fig. 411. Fußkrümmer mit T-Stück und Bergesack.

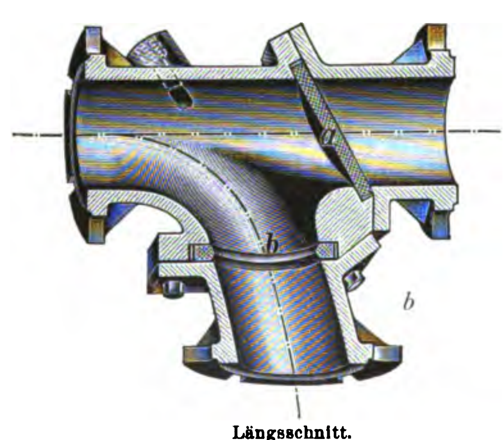
in Betracht: Herstellung der Krümmer aus Stahl, größere Dicke der dem Stoß ausgesetzten Wandung, Angießen von Innenrippen nach dem Vorgange der „Westfalia“ (Fig. 410), zwischen denen sich eine Schutzlage von Bergen ansammelt, Angießen eines durch einen Blindflansch *b* verschlossenen Bodenstücks (Fig. 411), welches ebenfalls einen Bergesack bilden soll. Außerdem können die Krümmer aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden, deren jedes für sich ausgewechselt werden kann. Zur schnellen Beseitigung von Verstopfungen können Durchstoßöffnungen nach den Figuren 410 und 412 vorgesehen werden.

145. — Verzweigungen. Die Verzweigung des Schlammstromes mit abwechselnder Spülung durch die verschiedenen Zweigleitungen ist eine schwierige Aufgabe, da die unter anderen Umständen für die Absperrung zeitweilig nicht benutzter Stränge in Betracht kommenden Vorrichtungen (Schieber oder Ventile) hier schnell verschleißen und kaum dicht zu halten sind. Man kann sich dadurch helfen, daß man an solchen Stellen für eine einfache Verzweigung nur einen Krümmer benutzt und diesen abwechselnd nach der einen oder anderen Zweigleitung dreht (Fig. 413). Die „Westfalia“ verwendet neuerdings als Ersatz für Schieber einfache Einsatzstücke *a* und *b* (Fig. 412), welche für den Strang, durch den gespült werden soll, in der Mitte eine lichte Öffnung gleich der

Rohrweite haben (*b*), während der „tote Strang“ durch ein Schieberstück *a* ohne Öffnung verschlossen wird; die Bewegung erfolgt mit Hilfe von Schraubenspindeln, wie Fig. 412 *a* erkennen läßt.



Außenansicht.

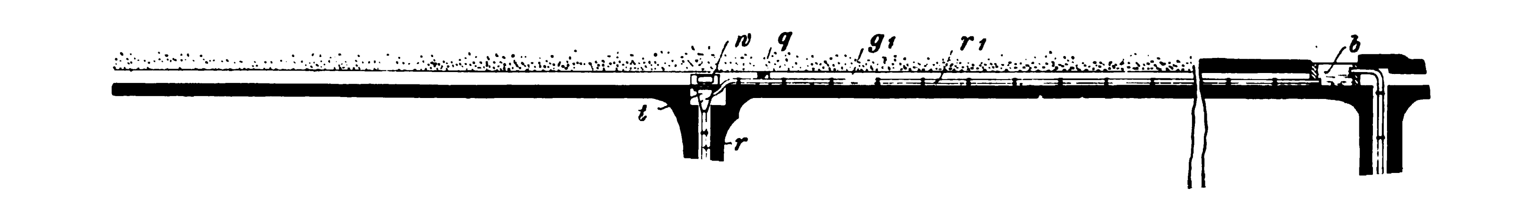


Längsschnitt.

Fig. 412 *a* und *b*. Rohrverzweigung mit Blende (*a*) und Ringstück (*b*).

146. — Abbauverfahren beim Spülversatz. Im Abbau ist, wie die schematische Darstellung eines zweiflügeligen Stoßbaus mit Spülanlage in Fig. 413 zeigt, ein Hohlraum herzustellen, welcher an mindestens einer Seite durch einen Verschlag *v* abzugrenzen ist, der das Versatzgut zurückhält, dem abfließenden Wasser aber den Durchgang gestattet. Je kleiner und leichter diese Verschläge ausgeführt werden können und je seltener sie hergestellt zu werden brauchen, um so billiger wird der Abbau. Daraus und aus der Erwägung, daß der Spülversatz Gebirgsbewegungen möglichst hintanhalten soll und daß daher das Offenhalten von Strecken im Versatz, welche dann nachträglich zugespült werden müssen, unvorteilhaft ist, ergibt sich, daß Abbauverfahren, welche dieses Offenhalten der Strecken erfordern, wie streichender Strebbau, wenig zweckmäßig für den Spülversatz sind. Vielmehr sind die in erster Linie in Anwendung stehenden Abbauarten: der Stoßbau und der Pfeilerbau mit Bergeversatz. Das Schema des Stoßbaus zeigen die Figuren 413 und 414, von denen die letztere einen zweiflügeligen Abbau über der Hauptsohle und über 2 Teilsohlen gleichzeitig darstellt. Ein Bild des Pfeilerbaus mit Spülversatz auf 4 Bauflügeln gibt die schematische Fig. 415; hier dienen von den Kohlenbremsbergen B_1—B_4 die Bremsberge B_2 und B_3 in ihrem oberen Teil, ebenso wie das mittlere Überhauen R, zur Einführung der Schlammrohrleitungen, welche sich von der im Querschlag Q verlegten Hauptleitung aus verzweigen.

In jedem Falle werden nach jedesmaliger Hereingewinnung eines streichenden Abschnitts von gewisser Breite die erwähnten Verschläge *v*


w
q
g1
r1
b
t
r

hergestellt. Der Abstand dieser Verschläge, d. h. die Größe der Spülabschnitte, richtet sich nach der Festigkeit des Hangenden; man muß sich bei mäßig guter Beschaffenheit des letzteren mit 40—80 qm bloßgelegter Fläche begnügen, kann aber bei standfestem Gebirge 200 qm und darüber auf einmal ausspülen.

Der Stoßbau verlangt mehr Rohrleitungen und mehr Verzweigungen und liefert eine größere Zahl von Angriffspunkten nur dadurch, daß auf

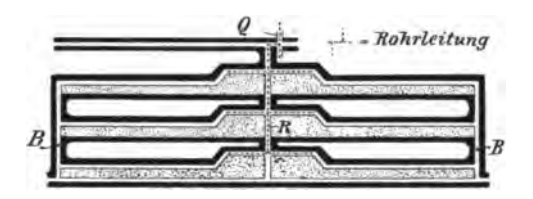


Fig. 414.[1]) Stoßbau mit Spülversatz und gleichzeitigem Betrieb über mehreren Teilsohlen.

mehreren Teilsohlen gleichzeitig vorgegangen wird und infolgedessen am Schluß des Abbaus an den oberen Grenzen der Teilsohlen Strecken offen bleiben, die nachher wieder zuzuspülen sind. Man wird daher, wo das Hangende die Freilegung einer größeren Fläche gestattet, den Pfeilerbau mit Versatz (Fig. 415) vorziehen. Und zwar werden zweckmäßig die unteren Stöße vorgesetzt, damit sie möglichst wenig durch das aus den oberen Pfeilern abfließende Wasser belästigt werden. Besonders vorteilhaft

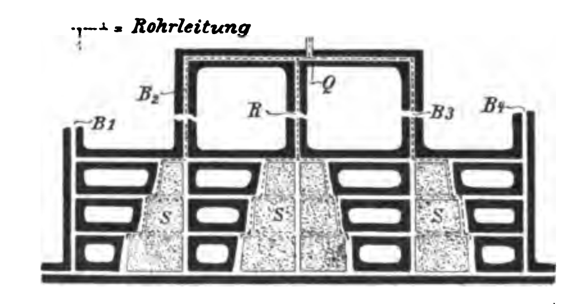


Fig. 415.[1]) Pfeilerbau mit Spülversatz auf 4 Bauflügeln.

läßt sich bei flacher Lagerung in mächtigen Flözen der Pfeilerbau als sog. „Myslowitzer Pfeilerbau" in der durch Fig. 416 veranschaulichten Weise durchführen: durch ein Netz von streichenden und schwebenden Strecken werden Pfeiler von etwa 7—8 m Breite und 10—12 m Höhe gebildet, die gleichzeitig die einzelnen Spülabschnitte bilden und schwebend verhauen werden, indem man mit dem Abbau des untersten letzten Pfeilers *I* beginnt. Gegen die nächst höhere Abbaustrecke bleibt ein

[1]) Nach Hundt im Glückauf 1906, S. 874 u. 876. Ob die Grundstrecken mit zugespült werden können oder, wie in diesen Figuren, offengehalten werden müssen, hängt von der Lage der Bremsberge zu den Lösungsquerschlägen auf der unteren Sohle ab.

Kohlenbein b_1 (siehe Pfeiler *II*) stehen. Sodann wird ein Verschlag *1* in die untere Abbaustrecke und ein zweiter in die erste schwebende Strecke gesetzt und der allseitig von Kohlenstößen eingeschlossene Pfeilerhohlraum zugeschlämmt. Darauf wird der nächst höhere Pfeiler *II* in Angriff genommen, bei dessen Verhieb auch das stehen gebliebene Bein des unteren Pfeilers gewonnen wird, und in ähnlicher Weise nach Herstellung der Verschläge *3* und *4* ausgespült. Gleichzeitig kann auch schon mit dem Verhieb des vorletzten Pfeilers *III* über der untersten Abbaustrecke be-

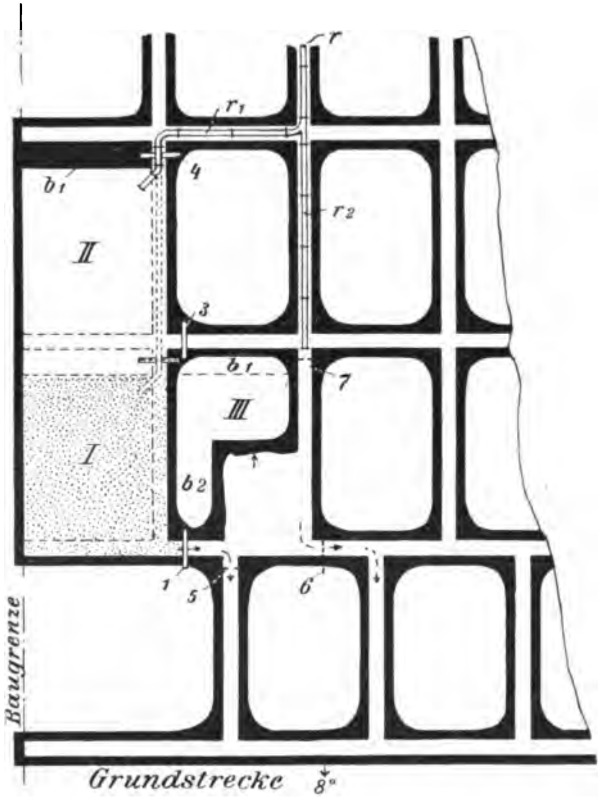


Fig. 416. Myslowitzer Pfeilerbau mit Spülversatz. Die Pfeile bezeichnen die Richtung des abfließenden Wassers.

gonnen werden. Beim Zuspülen dieses Abschnittes muß außer bei *6* und *7* auch im Durchhieb von der Grundstrecke aus, bei *5*, ein Verschlag hergestellt werden. Beim Verhieb der einzelnen Pfeiler wird, wie die Figur an dem Beispiel des Pfeilers *III* zeigt, zunächst mit einem schwebenden Streifen nach der Bremsbergseite hin vorgegangen und sodann das seitliche Bein b_2 nach der Versatzseite hin abfallend zurückgebaut. In dieser Weise schreitet der Abbau mit einer im ganzen diagonalen Angriffslinie nach dem Bremsberge vor. Durch dieses Vorgehen wird es ermöglicht, mit Verschlägen in den Strecken auszukommen, wodurch die Gewinnung sehr

verbilligt wird, da die Strecken nicht nur mäßige Breite haben, sondern auch nur in einem Teil der Flözmächtigkeit aufgefahren sind.

147. — **Verschläge.** Die mehrerwähnten Verschläge werden in der Regel aus Brettern gebildet, die an Stempeln befestigt werden und zwischen denen Fugen zum Abfließen des Wassers verbleiben. Diese Fugen werden mit Versatzleinen, Heu, Stroh, Pferdedünger u. dergl. verstopft. In Strecken führt man auch Doppeldämme auf, deren Zwischenraum durch Bergeklein ausgefüllt wird. Um die Bretter möglichst oft wieder benutzen zu können, nagelt man sie besser nicht an, sondern befestigt sie mit Klammern oder legt sie zwischen doppelte Stempelreihen ein, deren Stempel gegeneinander versetzt sind. Die Verschläge müssen um so stärker ausgeführt werden, je mächtiger die Lagerstätte, je höher der Spülabschnitt und je steiler das Einfallen ist. Für stärker beanspruchte Verschläge hat man auf der Zeche Schlägel und Eisen bei Recklinghausen mit gutem Erfolge Siebbleche verwandt.

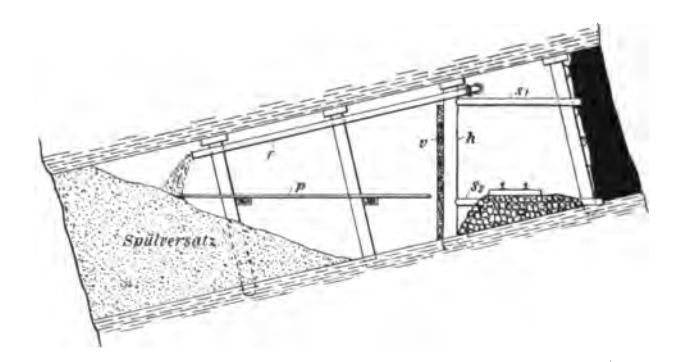


Fig. 417. Ausspülen des oberen Teiles eines Abschnitts in einem mächtigen Flöz.

Außer der möglichst großen Ausdehnung der Spülabschnitte im Streichen, die an eine gewisse Höchstgrenze gebunden ist, kommt zur Verringerung der Verschlagkosten auch das für den schwebenden Pfeilerbau bereits erwähnte Aushilfsmittel in Betracht, den Abbau so zu führen, daß nur in den Strecken Verschläge hergestellt zu werden brauchen. Auch beim streichenden Stoß- oder Pfeilerbau kann man mit Streckendämmen auskommen, indem man bis an den Kohlenstoß selbst spült; jedoch muß dann für jeden Abschnitt von neuem schwebend aufgehauen werden, was in wenig mächtigen Flözen teuer und außerdem auf Schlagwettergruben gefährlich ist. Man kann sich aber, wenn man in dieser Weise vorgehen will, dadurch helfen, daß man zwischen Spülabschnitt und Kohlenstoß eine Wetterluttenleitung[1]) einbaut und mit einspült. Auf diese Weise behält man stets Wetterverbindung nach oben. Die Luttenverbindungen werden nicht gedichtet; das Wasser kann also auch durch die Lutten ablaufen. Beim Aufhauen für den neuen Abschnitt werden die Lutten wieder ausgebaut.

In mächtigen, flachgelagerten Flözen ist außer der seitlichen Begrenzung der Spülabschnitte auch eine solche an deren oberer streichender

[1]) Glückauf 1907, S, 354.

Kante erforderlich, weil sonst die ganze über die Sohle der oberen Strecke hinausreichende Fläche des Hangenden ohne Unterstützung bleiben würde. Fig. 417 veranschaulicht die Zuspülung eines solchen obersten Abschnitts: die Strecke wird durch einen leichten Verschlag v geschützt, der durch die Spreizen s_1 s_2 gegen den Kohlenstoß abgestützt und über dem die Rohrleitung unter dem Hangenden eingeführt wird. Die Bedienung der Leitung erfolgt von der nach und nach wiederzugewinnenden Holzbühne p aus.

Während des Zuspülens der einzelnen Abschnitte sucht man nach Möglichkeit den Ausbau wieder zu gewinnen. Mit Vorteil werden eiserne Stempel ausschließlich oder doch in möglichst großer Anzahl verwendet. Naturgemäß erfolgt das Ausspülen von unten nach oben, wobei die Spülrohre allmählich wieder ausgebaut werden. Bei flachem Einfallen werden auch bewegliche Mundstücke benutzt, welche den Schlammstrom nach allen Richtungen zu lenken gestatten.

148. — Besondere Arten des Spülversatzes. Außer der im vorstehenden beschriebenen, gebräuchlichsten Ausführung des Spülversatzes sind noch 2 besondere Verfahren zu unterscheiden. Das eine kommt dort in Betracht, wo nur einzelne Bauabteilungen in größerer Entfernung vom Schachte mit möglichst dichtem Versatz abgebaut werden sollen und daher die Herstellung besonderer Mischanlagen und Rohrleitungen sich nicht lohnen würde, wo aber anderseits Druckwasser (z. B. in Berieselungs-Rohrleitungen) zur Verfügung steht. Es besteht einfach darin, daß die mit feinkörnigem Versatzgut gefüllten Bergewagen bis zum Abbau gefahren werden und dort ihren Inhalt mit Hilfe eines aus der Leitung entnommenen Wasserstromes in den Abbauhohlraum entleeren. Das Wasser ersetzt dabei nicht nur die Arbeit des Weiterschaufelns der Berge bei flacher Lagerung, sondern führt auch die einzelnen Teilchen in alle Hohlräume hinein und bewirkt, daß sie sich fest aufeinander legen.

Eine andere Art des Zusammenwirkens von Hand- und Spülversatz ist die „Tränkung" des Handversatzes: in Baue, die mit Hilfe von Handversatz mit Bergen ausgefüllt worden sind, wird nachträglich feinkörniges Gut eingespült. Um das einfache Abfließen der Spültrübe über die Sohle zu verhüten, wird zweckmäßig eine Aufstauung derselben durch dichte Bergemauerung, welche die untere und die seitlichen Grenzen des betreffenden Baufeldes einfaßt, bewirkt. Sind keine Bergemauern vorhanden oder dieselben zu locker, so werden hier Verschläge hergestellt. Man erzielt durch dieses Verfahren eine Verdichtung des Handversatzes mit einem Mindestmaß an Verbrauch von feinem Spülgut und kann außerdem, da die Fortbewegung der größeren und schwereren Stücke wegfällt, mit engeren und billigeren Rohrleitungen und geringeren Wassermengen auskommen. Auch fallen die zahlreichen Einzelverschläge fort. Günstig ist ferner, daß der von der Spültrübe zu durchfließende Versatz schon an sich eine gute Filterwirkung ausübt und daher der Wasserklärung erfolgreich vorarbeitet. Man kann deshalb hier den sonst nicht gern benutzten Lehm[1]) verwenden und erzielt dadurch den Vorteil, daß die Rohrleitungen

[1]) O. Dobbelstein im Glückauf 1908, S. 145.

kaum leiden und außerdem inwendig sich mit einem glatten Überzug auskleiden, der Verstopfungen vorbeugt. Besonders wichtig ist die Benutzung von Lehm für den Ruhrbezirk, wo Lehm überall, Sand dagegen nur untergeordnet vorkommt. Auf der anderen Seite ist die Wirksamkeit dieses Versatzes entsprechend geringer, da vor der Ausspülung der Luftzwischenräume im Handversatz das Hangende, wenn es nicht sehr fest ist, sich bereits auf den Versatz gesetzt hat und da außerdem dem Spülstrom keine bestimmten Wege vorgeschrieben werden können, sondern dieser sich selbst überlassen bleiben muß. Daher blieb diese Art des Spülversatzes bisher im großen und ganzen auf solche Fälle beschränkt, in denen es in erster Linie auf eine bequeme Abklärung abfließender Spülströme durch die Filterwirkung des Handversatzes ankam und die dabei sich ergebende Verdichtung des letzteren einen erwünschten Nebenvorteil bildete.

149. — Wasserklärung und -Hebung. Die Klärung des abfließenden Wassers verursacht häufig große Schwierigkeiten; manchmal führt das Wasser 7 % und mehr vom Spülgut wieder mit fort. Sie ist aber unerläßlich, da mangelhaft geklärtes Wasser die Pumpen stark angreift. Zum Teil kann die Klärung erfolgen in „Überfallbecken", aus denen das Wasser oben abfließt. Auch werden Faschinen (Fig. 413 auf S. 403) und ähnliche Filtereinrichtungen in den Wasserstrom eingeschaltet. Für schwer zu klärendes Wasser bedient man sich großer Sammelbehälter mit Zapfhähnen in verschiedenen Höhen, durch deren Öffnung (in der Reihenfolge von oben nach unten) das geklärte Wasser abgezogen werden kann. Die Herstellung solcher großen Klärbecken ermöglicht auch, wenn nicht etwa Tag und Nacht gespült wird, die Verwendung kleinerer Pumpen, welche dann auch während der Stillstände der Spülarbeit in Betrieb sind. — Wo es angängig ist, kann man die Spültrübe in altem, von Hand aufgeführtem Bergeversatz sich abklären lassen (siehe oben), indem man sie z. B. durch einen versetzten Sohlenpfeiler abfließen läßt und dadurch gleichzeitig die Dichtigkeit dieses Versatzes wesentlich erhöht.

Wo eine Hauptwasserhaltung vorhanden ist, wird man ihr die aus den Spülbetrieben abfließenden Wasser nur dann zuführen, wenn diese bis zu Tage gehoben werden müssen, und auch das nur, wenn sie genügend abgeklärt sind. Sonst sind besondere kleine Pumpen zweckmäßig, deren Betrieb sich dem Spülbetrieb anpassen kann und deren stärkerer Verschleiß durch mangelhaft geklärtes Wasser keine sehr hohen Kosten verursacht. Besonders beliebt sind Zentrifugalpumpen (vergl. Fig. 413).

150. — Anwendungsgebiet des Spülversatzes. Der Spülversatz hat für den Ruhrbezirk wegen der Schwierigkeit ausreichender Materialbeschaffung nur untergeordnete Bedeutung. Seine Anwendung wird sich hier, abgesehen von solchen Fällen, in denen Gruben in der Nähe von Hochofenwerken oder von größeren Sand- und Lehmablagerungen liegen und daher große Mengen von Versatzgut billig erhalten können, voraussichtlich im großen und ganzen auf den Abbau solcher Kohlenmengen beschränken, welche sonst als Sicherheitspfeiler für einzelne, besonders zu schützende Tagesgegenstände anstehen bleiben müßten. In der Tat wird in immer größerem Umfange seitens der Bergbehörde die Gewinnung solcher Sicherheitspfeiler mit Spülversatz gestattet. — Dagegen ist sein

eigentliches Feld ein Bergbaugebiet mit den Verhältnissen Oberschlesiens, nämlich mit sehr mächtigen, flachgelagerten Flözen einerseits, bei deren Abbau die Vorteile des Spülversatzes in hervorragendem Maße in Erscheinung treten, und mit großen Sand- und Lehmablagerungen an der Erdoberfläche anderseits.

Manche oberschlesische Gruben spülen daher täglich 1500 cbm und mehr ein.

151. — Kosten des Spülversatzes. Die naheliegende Frage nach den Kosten des Spülversatzes kann nur durch Zahlen, die innerhalb weiter Grenzen schwanken, beantwortet werden. Denn einerseits sind diese Kosten selbst außerordentlich verschieden; sie werden beeinflußt durch die verschieden hohen Kosten für die Beschaffung des Versatzgutes selbst (Gewinnungs- und Transport-, nötigenfalls auch Zerkleinerungskosten), durch die verschieden große Länge der Rohrleitungen, durch die verschiedene Anzahl der Verzweigungen, durch die wechselnden Kosten der Verschläge (bedingt durch deren verschiedene Anzahl, Stärke und Länge), durch die nach dem Versatzgut schwankenden Ausgaben für Rohrverschleiß, Wasserklärung und Wasserhebung usw. Anderseits aber sind die Ersparnisse, welche diesen Kosten gegenüber in die Wagschale zu legen sind und welche ebenfalls nach den örtlichen Verhältnissen stark schwanken, nur annähernd zahlenmäßig zu ermitteln. Wenn daher nachstehend eine Übersicht über die Kosten des Spülversatzes einer unter günstigen Verhältnissen arbeitenden oberschlesischen Grube gegeben wird, so kann diese nur einen ungefähren Anhalt geben.

Kosten des Spülversatzes auf der Myslowitz-Grube[1]) für die Gewinnung von 320000 t Kohle (einschließlich Verzinsung und Amortisation).

Ausgabeposten		Jährliche Kosten absolut M.	im Verhältnis zu den Gesamtkosten %
Versatzgewinnung (durch Baggern)	Material	26000	21,2
	Löhne	13600	11,1
Rohrleitungen und Mischanlage		49000	40,2
Verschläge, Streckenunterhaltung	Material	2000	1,6
	Löhne	12240	10,0
Wasserhebung		12500	10,2
Generalkosten und Verschiedenes		7000	5,7
		122340	100,0

Daraus ergeben sich die Versatzkosten für 1 t Kohle zu $\frac{122340}{320000} \sim$ **0,38 M.**

2. Der Abbau mit Bergfesten.

152. — Wesen, Bedeutung und Durchführung im allgemeinen. Während die beim Pfeilerbau zum Schutze von Querschlägen, Bremsbergen, Grundstrecken usw. häufig stehen bleibenden Sicherheitspfeiler von größerem

[1]) Zeitschr. d. oberschles. berg- und hüttenmänn. Vereins 1901, S. 519.

oder geringerem Umfange nur so stark bemessen zu werden brauchen, daß sie während des Abbaus den nötigen Schutz gewähren, nachher aber das Zubruchgehen des Hangenden nicht hindern, sollen die beim Abbau mit Bergfesten unverritzt gelassenen Lagerstättenteile Bewegungen des Deckgebirges dauernd verhüten, sei es nun, daß Beschädigungen der Erdoberfläche zu vermeiden sind oder daß das Abbaufeld sich unter wasserbedeckten Teilen der Oberfläche befindet oder daß das Eindringen von Wasser aus wasserführendem Deckgebirge in die Baue unbedingt verhütet werden muß (deutscher Kalibergbau) oder doch wenigstens zur Vermeidung von Ausgaben für die Wassergewältigung ausgeschlossen werden soll. Die dabei sich ergebenden Abbauverluste müssen dort, wo die Aufrechterhaltung des Betriebes die Verhütung von Rissen in den hangenden Schichten verlangt, schlechthin in den Kauf genommen werden. Ist dieses Erfordernis nicht unbedingt vorhanden, so lassen sie sich dann rechtfertigen, wenn das abzubauende Mineral keinen so großen Wert hat, daß der Abbau die Belastung mit den sonst erwachsenden größeren Kosten für Zimmerung, Bergeversatz und Wasserhaltung tragen könnte. Jedoch darf in diesem Falle der Wert des Minerals um so höher sein, je größer seine Tragfähigkeit und je geringer der Gebirgsdruck ist, weil man dann mit um so schwächeren Bergfesten auskommen kann.

In flachgeneigten Lagerstätten von nicht zu großer Mächtigkeit können die Abbauräume in der ganzen Höhe bis zum Hangenden (oder etwa einer besonders gut tragenden Schicht des Minerals selbst) hergestellt werden; es brauchen also dann nur seitliche Bergfesten stehen zu bleiben. Ist dagegen die Mächtigkeit so groß, daß die Lagerstätte in mehreren übereinander liegenden Scheiben in Angriff genommen werden muß, oder fällt die Lagerstätte steil ein, so müssen auch über den Abbauräumen Bergfesten (in diesem Falle „Schweben“ genannt) anstehen gelassen werden.

Die Stärke der unverritzt gelassenen Teile hängt von der Druckfestigkeit des Minerals und von der Mächtigkeit der überlagernden Gebirgsschichten ab; aus letzterem Grunde muß in steilstehenden Lagerstätten die Pfeilerstärke nach der Teufe hin zunehmen, so daß dann das Verhältnis zwischen dem gewinnbaren und dem verloren zu gebenden Teil der Lagerstätte nach unten hin immer ungünstiger wird.

Bei der Bemessung des Abstandes der einzelnen Pfeiler ist außerdem die Festigkeit des Hangenden in Betracht zu ziehen. Die Pfeiler müssen also, damit sie ihren Zweck erfüllen, so stark sein, daß sie nicht zerdrückt werden und in so geringen Entfernungen voneinander stehen, daß das Hangende zwischen ihnen nicht durchbrechen kann.

Die Wirkung der Pfeiler kann durch Einbringen von Versatz in die Abbauräume unterstützt werden. Der Versatz verringert dann nicht nur die Durchbiegung des Daches zwischen den Pfeilern, sondern besonders auch das seitliche Ausweichen der unter Druck stehenden Pfeiler. Es muß dann aber, wenn man wirklich diesen Zweck erreichen, d. h. durch Ausfüllung der Räume mit Versatz die Pfeiler entlasten und so eine schwächere Bemessung derselben ermöglichen will, dafür Sorge getragen werden, daß der Versatz bis unter das Dach reicht und sich nicht zu stark zusammendrücken läßt. In vielen Fällen verzichtet man jedoch auch

auf diese Wirkung des Versatzes und begnügt sich damit, lästige Mengen von Abfallstoffen durch Verstürzen in die Baue unschädlich machen zu können.

Nach der Art, wie die Pfeiler mit den Hohlräumen abwechseln, kann man unterscheiden:

1. den Örterbau,
2. den Abbau mit einzelnen Pfeilern und
3. den Kammerbau.

Der Örterbau.

153. — Wesen des Örterbaus. Der Örterbau hat seinen Namen daher, daß hier die Abbauräume nach der Art breiter Streckenbetriebe zu Felde rücken. Dementsprechend bilden auch die stehen bleibenden Pfeiler langgestreckte, ununterbrochene Streifen.

154. — Örterbau im Minetterevier. Ein Beispiel für dieses Verfahren liefert die Figur 418, welche einen schwebenden Örterbau auf einem

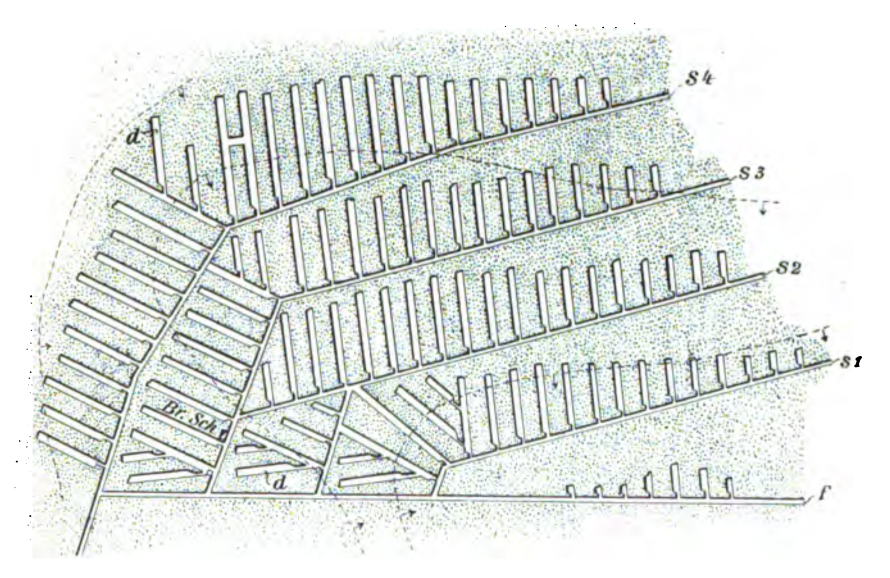


Fig. 418.[1] Örterbau im Minetterevier.

sehr flachgelagerten, lothringischen Minettelager darstellt. Dieses Abbauverfahren wird dort in solchen Fällen an die Stelle des sonstigen Pfeilerbaus (Fig. 334 auf S. 314) gesetzt, wo es sich um den Schutz von Tagesgebäuden und -Anlagen handelt, für welche der Kohlenbergmann wegen der geringeren Festigkeit der Kohle vollständige Sicherheitspfeiler stehen lassen muß. Die einzelnen Abbauörter werden von den annähernd in der Streichrichtung aufgefahrenen Strecken s_1—s_4, sowie von der Schwebenden f, von welcher diese Strecken ausgehen, ins Feld getrieben.

[1]) Glückauf 1906, S. 1549.

Wo es die Lagerung erfordert, werden von einzelnen Örtern auch Diagonalen *d* abgezweigt. Zum Schutz der Förderstrecken sind in deren unmittelbarer Nähe die Örter schmaler gehalten.

Findet der Abbau in untereinander liegenden Scheiben statt, so muß darauf gehalten werden, daß die Örter in ihnen untereinander zu liegen kommen. Naturgemäß sind hier, wie schon die Figur erkennen läßt, die Abbauverluste sehr groß; das Verhältnis der Strecken- zu den Pfeilerbreiten schwankt zwischen $\frac{6}{14}$ und $\frac{4,5}{15,5}$, woraus sich Abbauverluste von 70—77,5 % ergeben.

155. — Örterbau im deutschen Kalisalzbergbau. Ein anderes, dem Kalisalzbergbau entnommenes Beispiel für den Örterbau liefert der in Fig. 419 dargestellte Abbau,[1]) welcher dem auf dem Steinsalzbergwerk zu Heilbronn[2]) angewendeten Verfahren ähnlich ist. Es handelt sich hier um ein mächtiges Lager mit sehr flachem Einfallen. Vom Hauptquer-

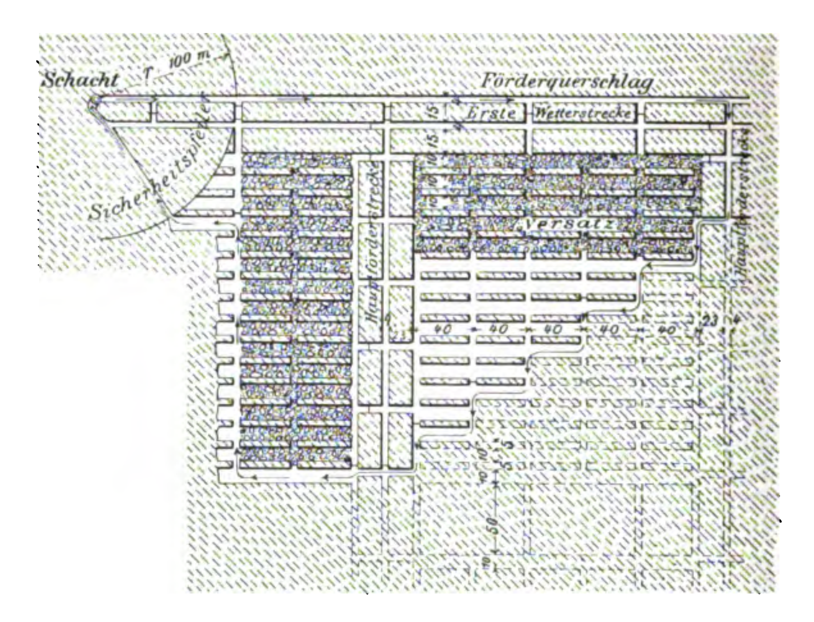


Fig. 419. Örterbau auf dem Kalisalzbergwerk Sollstedt.

schlage aus sind in Abständen von rund 250 m Hauptförderstrecken aufgefahren, zu deren Schutz auf beiden Seiten Sicherheitspfeiler von 23 m Stärke stehen bleiben. Das zwischen 2 Hauptstrecken liegende Abbaufeld von 200 × 240 m wird in der ganzen Mächtigkeit des Lagers durch gleichzeitig oder doch nahezu gleichzeitig zu Felde rückende Abbau-

[1]) Deutschlands Kalibergbau, Festschrift z. X. deutsch. Bergmannstage, III. Teil, S. 64.

[2]) Lichtenberger in d. Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Salin.-Wes. Bd. 45, 1897, S. 138 und Taf. III, Fig. 3.

örter von je 10 m Breite durchörtert, zwischen welchen 5 m starke Pfeiler stehen bleiben. Die letzteren werden zur Herstellung einer Wetterverbindung alle 40 m durchbrochen. Die Hohlräume werden durch Versatz ausgefüllt. Die Angriffsfläche, im ganzen betrachtet, kann streichend (links) oder diagonal (rechts) gestellt werden. Über den Verhieb im einzelnen gilt das weiter unten (S. 414 u. f.) Gesagte.

Der Abbau mit einzelnen Pfeilern.

156. — Allgemeines. Wenn mit Anstehenlassen einzelner Sicherheitspfeiler abgebaut wird, so ergibt sich ein Abbau, bei welchem Pfeiler mit Hohlräumen in der Weise abwechseln, daß die ersteren von den letzteren rings umgeben werden. Man erhält so das Bild einer von Säulen getragenen Decke,[1]) wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Dicke der Pfeiler im Verhältnis zur Größe der Zwischenräume in den verschiedenen Lagerstätten stark wechseln kann.

157. — Schachbrettbau. Ein besonderer Fall dieses Abbauverfahrens ist der „Schachbrettbau", welcher seinen Namen daher hat, daß die zwischen den Hohlräumen stehen bleibenden Pfeiler so gegeneinander versetzt sind, daß sich das Bild der verschiedenfarbigen Felder eines Schachbrettes ergibt. Beim Schachbrettbau im genauen Sinne würden also Pfeiler und Hohlräume ganz gleiche Abmessungen haben und der Abbauverlust $50^0/_0$ betragen; doch tritt dieser theoretische Grenzfall niemals ein, weil außer den Abbauräumen selbst auch Förderstrecken zwischen den Pfeilern herzustellen sind. Außerdem pflegt man den Namen auch dort beizubehalten, wo die Pfeiler nicht so regelmäßig mit den Hohlräumen abwechseln, falls nur beide einigermaßen dieselben Abmessungen haben.

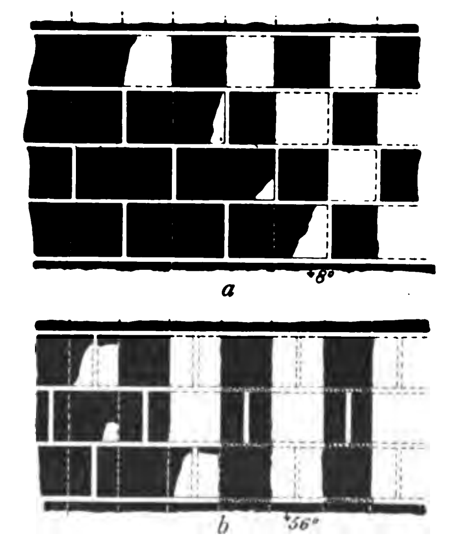


Fig. 420. Schachbrettbau auf Steinkohlenflözen bei flacher und steiler Lagerung.

Einen Schachbrettbau, wie er auf Steinkohlenflözen hin und wieder geführt worden ist, veranschaulicht Fig. 420, welche gleichzeitig die verschiedenartige Ausbildung des Abbaus für flaches und steiles Einfallen erkennen läßt. Dem Abbau geht das Auffahren von Vorrichtungstrecken, die durch Durchhiebe verbunden werden, voraus. Die einzelnen Abbaustöße bilden, ähnlich wie beim streichenden Pfeilerbau, unter sich eine diagonale Linie. Der Abbau jedes Abschnitts beginnt am Durchhieb. Die schachbrettartige Stellung der Pfeiler nach der oberen Figur hat den Vorteil, daß keine größeren zusammenhängenden Flächen des Hangenden bloß-

[1]) Haton de la Goup., Exploitation etc. Bd. II, S. 38.

gelegt werden. Sie läßt sich jedoch bei steilem Einfallen (Fig. 420 *b*) nicht durchführen, weil dann die Gefahr eines Abrutschens der Pfeiler in die darunter liegenden Hohlräume besteht. Daher werden hier die Pfeiler untereinander angeordnet und erforderlichenfalls stärker genommen als in Fig. 420 *a*, auch die Streckenstücke zwischen ihnen wohl mit Bergen zugesetzt.

Ein solcher Abbau ist aber beim Steinkohlenbergbau mit Recht verlassen worden, da er schwerwiegende Nachteile hat: wegen der geringen Druckfestigkeit und klüftigen Beschaffenheit der Kohle lassen sich auch bei reichlicher Bemessung der Pfeiler Gebirgsbewegungen nicht dauernd hintanhalten, da an den Rändern die Kohle sich bald abdrückt und dieser Vorgang sich immer weiter in das Innere der Pfeiler fortpflanzt. Es wird also der angestrebte Vorteil trotz der großen Kohlenverluste und der Übelstände und Gefahren, welche sich aus dem Zurücklassen von Kohlen in den Abbauen ergeben, nicht erreicht. Außerdem hat man dort, wo das Hangende nicht sehr fest ist, bei zu großem Abstande der Pfeiler, wie er bei wechselnder Festigkeit des Hangenden in Ermangelung sicherer Erfahrungszahlen leicht vorkommen kann, die Beobachtung gemacht, daß das Hangende zwischen den Pfeilern durchbricht und sich auf diese Weise schachbrettartig angeordnete Senkungsfelder an der Erdoberfläche bilden.

Der Kammerbau.

158. — **Ausführung des Kammerbaus im allgemeinen.** Während bei dem eben besprochenen Abbauverfahren jeder einzelne Pfeiler rings von Hohlräumen umgeben ist, wird beim Kammerbau umgekehrt in der Weise vorgegangen, daß jeder Hohlraum rings von Sicherheitspfeilern als Wänden eingefaßt ist, so daß lauter einzelne „Abbaukammern" gebildet werden und das Hangende von den Bergfesten in derselben Weise getragen wird, wie eine Decke über einer Zimmerflucht von den Zimmerwänden. Dieser Abbau beschränkt sich auf Lagerstätten von größerer Mächtigkeit.

In den einzelnen Kammern kann der Verhieb auf zweierlei Arten erfolgen. Entweder nämlich beginnt man oben und greift die Sohle strossenbauartig an, oder man arbeitet umgekehrt mit firstenbaumäßigem Verhieb von unten nach oben. Im ersteren Falle brauchen die Leute nicht unter überhängenden Teilen der Lagerstätte zu arbeiten, entfernen sich aber dafür immer weiter vom Dach, dessen Beobachtung dadurch immer schwieriger wird, während doch seine Festigkeit gleichzeitig mit dem fortschreitenden Abbau immer mehr abnimmt. Beim Firstenverhieb haben die Hauer umgekehrt stets die Lagerstätte über sich, können sich aber den Firstenstößen immer genügend nahe halten, indem sie sich auf das hereingewonnene Haufwerk stellen; die Bedrohung durch die überhängenden Stöße ist unwesentlich, da diese fortwährend neu aus der Mineralmasse herausgearbeitet werden und daher keine Zeit haben, sich durch den Druck zu zerklüften. Infolgedessen wird in den meisten Fällen der Firstenbauverhieb bevorzugt. Den strossenbauartigen Verhieb wendet man wohl dann an, wenn es sich um unregelmäßige Gebirgsverhältnisse und steiles Einfallen handelt, weil man bei ihm die Höhe einer Kammer beliebig bemessen kann: beginnt das Dach unzuverlässig zu werden, so

stellt man den Verhieb der betreffenden Kammer ein und nimmt unter ihr, indem man eine Schwebe anstehen läßt, eine neue Kammer in Angriff.

159. — **Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau.** Der Kammerbau findet im deutschen Stein- und Kalisalzbergbau ausgedehnte Anwendung und wird hier durchweg mit Firstenverhieb betrieben, weshalb die einzelnen Kammern auch häufig als „Firsten" bezeichnet werden. Je nach Mächtigkeit und Lagerung ergeben sich verschiedenartige Ausgestaltungen, von denen einige nachstehend an der Hand der beigegebenen Figuren beschrieben werden sollen. Diese Beispiele beziehen sich auf den Abbau bei mittlerem und steilem Einfallen.

Die Vorrichtung erfolgt durch eine streichende Hauptförderstrecke, welche in der Regel, um sie den Abbauwirkungen zu entziehen und keine wertvollen Sicherheitspfeiler für sie opfern zu müssen, im liegenden Steinsalz hergestellt wird und von der aus daher die Lagerstätte durch kurze Querschläge gelöst werden muß.

In jeder einzelnen Kammer, deren Höhe im allgemeinen mit 9—11 m angenommen wird, treibt man nun zunächst einen 2 m hohen „Einbruch" in ihrer ganzen Breite vor (*a* in Fig. 421). Die Richtung, in welcher

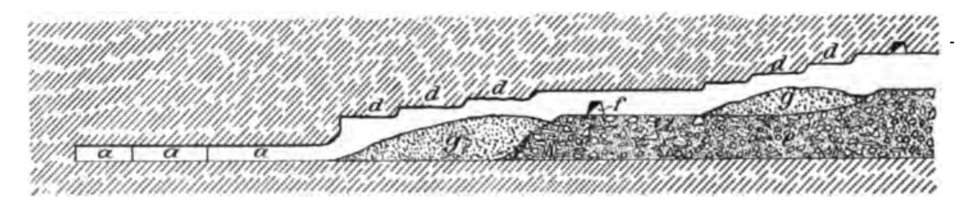


Fig. 421.[1]) Firstenverhieb im deutschen Kalibergbau.

dieser Einbruch aufgefahren wird und in welcher überhaupt der ganze Verhieb erfolgt, entspricht bei Mächtigkeiten bis zu etwa 15—20 m dem Streichen; in Lagern mit größerer Mächtigkeit dagegen rücken Einbruch und Firsten querschlägig vor. Beispiele für den streichenden Verhieb liefern die Fig. 421 und 422, während bei dem Abbau nach Fig. 423 und 424 querschlägig vorgegangen wird. Im Falle der Fig. 424 ist wegen der bedeutenden Mächtigkeit des Lagers die querschlägige Erstreckung der einzelnen Kammern im Vergleich zu ihrer Breite so groß, daß man hier auch von einem „Querörterbau" sprechen kann.

Dem Vortreiben des Einbruchs kann der Verhieb der Firstenstöße in einiger Entfernung nachfolgen, wie Fig. 421 erkennen läßt, wo die Firstenstöße mit *d* bezeichnet sind. Meist wird aber zunächst nur der Einbruch hergestellt, darauf das hereingeschossene Haufwerk weggefördert und nunmehr ein Firstenstoß f_1 (Fig. 422, Profil) von 3—5 m Höhe in Angriff genommen, worauf dann, wenn dieser die Grenze der Kammer erreicht hat, wieder das Haufwerk bis auf einen Rest am Hangenden oder einem Pfeilerstoße abgefördert wird. Man schafft auf diese Weise Platz für die Inangriffnahme der obersten Firste (f_2 in Fig. 422), wobei die Hauer auf

[1]) Nach Fürer, Salzbergbau und Salinenkunde, S. 386.

dem liegen gebliebenen Rest des Haufwerks stehen. Während des Verhiebs der Firste wird der Förderquerschlag offen gehalten, um überschüssiges Salz wegfördern zu können. Bei der Herstellung des Einbruchs sowohl wie beim Verhieb der Firsten geht man zweckmäßig mit abgesetzten Stößen (im Grundriß gesehen) vor, wie das in Fig. 421 links für den Einbruch angedeutet ist; man erhält dadurch mehr freie Flächen und infolgedessen eine günstigere Ausnutzung der Schießarbeit. — Sobald eine Firste ihre volle Höhe erreicht hat, wird ein Durchbruch nach der Nachbarkammer hin hergestellt und so eine Wetterverbindung geschaffen.

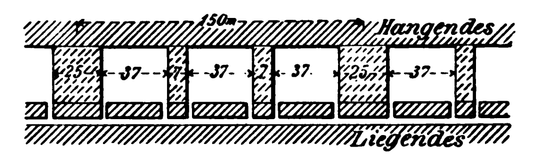


Fig. 423. Staßfurter Kammerbau mit abwechselnd schwächeren und stärkeren Pfeilern.

Ist der Abbau einer Kammer beendet, so wird zunächst das Haufwerk vollständig weggefördert und darauf Versatz eingebracht (siehe die Figuren 421 und 422). Dieser wird großenteils aus Bergemühlen in ähnlicher Weise, wie das in Fig. 404 auf S. 387 dargestellt ist, durch Vermittelung von Querschlägen am oberen Ende der Kammer zugeführt; doch liefern meist auch die an die Grube zur Weiterverarbeitung

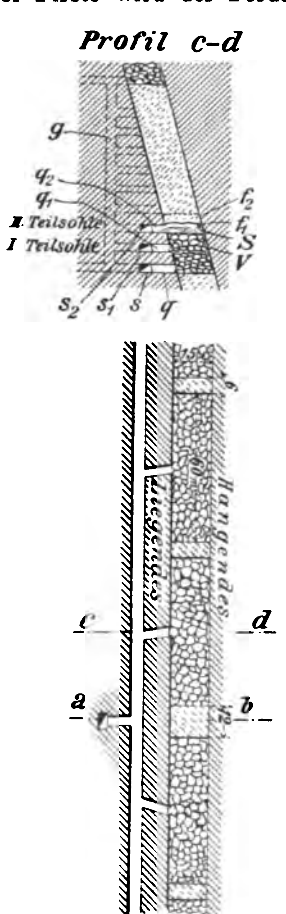


Fig. 422.[1]) Kammerbau mit streichendem Verhieb und Bergeversatz auf deutschen Kalibergwerken.

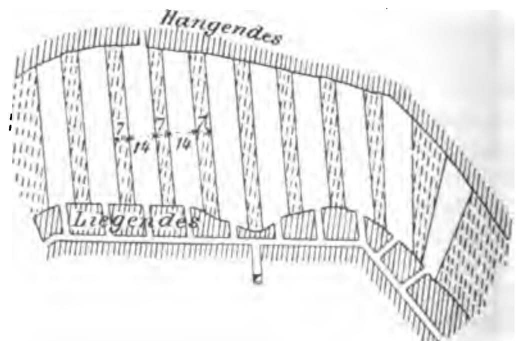


Fig. 424.[1]) Querkammerbau auf dem Kalibergwerk Hohenzollern.

[1]) Fig. 422, 423 und 424 nach der Festschrift „Deutschlands Kalibergbau", III. Teil, S. 56, 57, 58.

der Salze angeschlossenen chemischen Fabriken große Mengen von Abfallstoffen, welche wieder in die Baue verstürzt werden. Auf dem Versatz rückt dann der Abbau der nächst höheren Kammern zu Felde.

Die Bestreichung der Stöße auf ihre ganze Länge zur Wegförderung des Haufwerks und zur Zuführung des Versatzes wird durch Fördergestänge ermöglicht, welche sich nach Bedarf verzweigen.

Für die Bemessung der Stärke und des Abstandes der Sicherheitspfeiler sind verschiedene Erfahrungsregeln in Gebrauch. Beispiele zeigen die Figuren, welche die Pfeilerstärken und -Abstände in Metern angeben und gleichzeitig erkennen lassen, daß sowohl Pfeiler von stets gleicher Stärke (Fig. 424) stehen bleiben, als auch in regelmäßigen Abständen zwischen die gewöhnlichen Pfeiler solche von größerer Stärke eingeschaltet werden können (Figuren 422 und 423).

Wie der Abbau nach der oberen Sohle hin weiter fortschreitet, zeigt Fig. 422 (Profil): das Lager ist durch einen blinden Schacht g gelöst, von welchem aus nach und nach die Querschläge q, q_1, q_2 usw. auf der unteren Sohle und den in 7—9 m seigerem Abstand gebildeten Teilsohlen aufgefahren werden, von welchen wiederum die im Liegenden getriebenen Förderstrecken s, s_1, s_2 usw. ausgehen. Querschläge und Strecken dienen zunächst für die nächst untere Kammer zur Zuführung der Versatzberge, die sie entweder vom Tage her durch den Schacht g oder aus Bergemühlen oder auf beiden Wegen zugleich erhalten; später werden sie dann zur Wegförderung des Haufwerks (S in Fig. 422, g in Fig. 421) aus der nächst höheren Kammer benutzt.

Kommt man bei steiler Lagerung mit einem tieferen Abbau in die Nähe eines über diesem geführten Abbaus, so bleibt zwischen beiden gemäß S. 410 eine Schwebe stehen. Dieser Fall tritt besonders dort ein, wo man zu gleicher Zeit mit dem in höheren Lagen anstehenden Kainit auch den meist in größerer Teufe auftretenden Karnallit gewinnen will, um den Anforderungen des Marktes dauernd gleichmäßig gerecht werden zu können.

160. — Andere Formen des Kammerbaus. Statt der rechteckigen Kammern können auch runde gebildet werden. Das geschieht z. B. beim sog. Stockwerkbau, wo die erzreichen, unregelmäßig in der Gebirgsmasse verteilten Partieen durch Querschläge und Strecken aufgesucht und in ihnen Weitungen ausgeschossen werden, denen man im Grundriß eine runde, im Vertikalschnitt eine gewölbeartige Gestalt gibt. Dadurch wird eine möglichst günstige Verteilung des Gebirgsdrucks erreicht, so daß das Hangende sich besser selbst tragen kann.

Ein anderer hierher gehöriger Abbau ist der eigenartige Kammerbau mit Ausspülung der einzelnen Kammern (auch „Glocken“ genannt) im Schönebecker Steinsalzbergbau.[1]) Hier wird in der Mittellinie der zu bildenden Glocke zunächst ein vertikales Loch von 9—10 m Höhe durch Wasserspülung ausgespritzt und sodann oben auf das Spritzrohr ein zweiarmiges Horizontalrohr gesetzt, das durch den Druck des austretenden Wassers nach der Art des Segnerschen Wasserrades in Drehung versetzt wird. Dadurch wird, indem nach und nach das horizontale Rohr

[1]) Fürer, S. 491 u. f.

entsprechend verlängert wird, allmählich eine Kammer ausgespült, welche am oberen Ende 15 m Durchmesser hat, sich aber nach unten trichterförmig verjüngt, weil nach unten hin die Sättigung des Wassers mit Salz immer größer und demgemäß seine auflösende Kraft immer geringer wird. Ist diese Weite erreicht, so wird die vertikale Rohrleitung nach und nach verkürzt, so daß das Horizontalrohr in immer tieferen Lagen spielen und so einen annähernd zylindrischen Hohlraum von 15 m Weite ausspritzen kann. Die Pfeiler zwischen den einzelnen Glocken sind an der schwächsten Stelle noch 1 m stark. Der Abbauverlust beträgt ca. 30 %.

161. — Größen von Abbaukammern. Die in Gestalt von Abbaukammern im Laufe der Zeit geschaffenen Hohlräume haben in zähem und kluftfreiem und daher besonders tragfähigem Gebirge vielfach sehr bedeutende Abmessungen erlangt. Namentlich der Steinsalz- und der unterirdische Dachschieferbergbau haben solche gewaltigen Abbauräume zu verzeichnen. So hat z. B. im ungarischen Steinsalzbergbau eine „Glocke" von 47 m Durchmesser und 147 m Höhe jahrhundertelang gestanden. Die Größen einiger anderer Kammern zeigt folgende Zusammenstellung:[1])

Bergbaugebiet:	Breite m	Länge m	Höhe m	Gesamtraum cbm (rd.)
Ungarischer Steinsalzbergbau (Marmaros)	68	206	134	1880000
	55	381	65	1360000
Dachschieferbergbau in Anjou (Frankreich)	60	70	110	440000

Ein Bach, der eine Wassermenge von 1 cbm in der Minute führt, würde also über $3^1/_2$ Jahre brauchen, um die erstgenannte dieser Kammern zu füllen.

c) Gebirgsbewegungen im Gefolge des Abbaus.

162. — Einleitung. Durch den Abbau, welcher das Hangende seiner Unterstützung auf mehr oder weniger große Flächen beraubt, werden Bewegungen des Gebirges hervorgerufen, welche je nach der Beschaffenheit und Neigung der Gebirgsschichten verschieden ausfallen müssen und auch durch das angewendete Abbauverfahren beeinflußt werden. Diese Bewegungsvorgänge im Gebirge machen sich sowohl unter als auch über Tage bemerklich.

163. — Art der Bewegungen im allgemeinen. Zu unterscheiden ist, ob das Gebirge im ganzen oder gesondert in den einzelnen übereinander gelagerten Schichten niedergeht und ob es von milder oder fester, von zäher oder spröder Beschaffenheit ist.

Handelt es sich um sehr mildes und zähes Gebirge, wie z. B. Ton oder Lehm, so tritt bei mäßiger Abbaumächtigkeit eine einfache Durchbiegung des Hangenden über dem Abbauhohlraum ein, welcher dadurch

[1]) Haton de la Goup. Bd. II, S. 332 u. f.

annähernd ausgefüllt werden kann. Durch seitliche Ausdehnung der Senkung nach oben hin wird nämlich aus den seitlich angrenzenden Gebirgsmassen das Ausfüllungsmaterial entnommen, ohne daß bei der zähen Beschaffenheit des Gebirges Brüche oder Risse einzutreten brauchen. Ist dagegen die abgebaute Lagerstätte sehr mächtig, so ist die Senkung des Gebirges über dem Hohlraum zu stark, als daß sie ohne Abreißen dieses Gebirgskörpers von der benachbarten Gebirgsmasse vor sich gehen könnte. Es bilden sich daher in diesem Falle Bruchflächen und Risse als Begrenzung des Senkungsfeldes aus, welche jedoch wegen der milden Beschaffenheit des Gebirges nicht vertikal, sondern nach außen geneigt verlaufen, also sich dem natürlichen Böschungswinkel nähern. Wegen der geringen Festigkeit der hangenden Schichten erfolgt diese Wirkung bald nach dem Abbau. Sie wird beim Bruchbau noch künstlich beschleunigt.

Betrachtet man die äußerste Möglichkeit nach der anderen Seite hin, nämlich ein sehr festes hangendes Gebirge, so ergibt sich, daß ein nennenswertes Durchbiegen hier überhaupt nicht, ein Zerreißen aber erst bei sehr starker Beanspruchung eintreten kann. Dies Zerreißen kann bei deutlicher Ausbildung von Schichtflächen nach und nach erfolgen, indem eine Schicht nach der andern in großen Blöcken hereinstürzt. Weil durch die so sich ergebende Auflockerung die hereingestürzten Massen einen größeren Raum als im anstehenden Zustande einnehmen, wird durch ein solches Zubruchgehen aufeinander folgender Schichten der Hohlraum mehr und mehr ausgefüllt. Ist nun die über einem so angefüllten Hohlraum noch anstehende Gesteinsmasse nicht mehr schwer genug, um durch Durchbiegung die hereingebrochenen Blöcke zu zerdrücken, so kann sie durch diese getragen werden, d. h. der Bruch pflanzt sich nicht bis zur Erdoberfläche fort, er „läuft sich tot“ (Fig. 425). Ein solches „Totlaufen“ des Bruches kann also eintreten, wenn der Abbau in mäßiger Teufe umgegangen ist und ein festes Gebirge über sich hat.

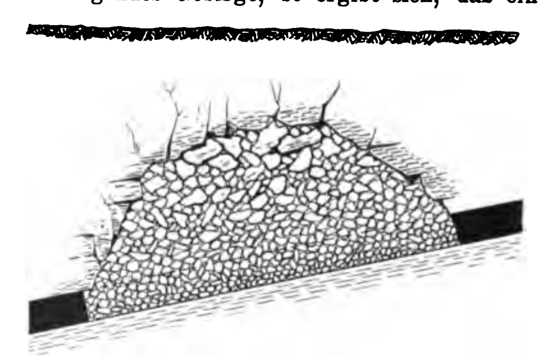


Fig. 425. Bruch mit Ausfüllung durch die hereingebrochenen Massen.

Ist das Gestein bei gleichfalls großer Festigkeit nur undeutlich oder gar nicht geschichtet und auch nicht von anderweitigen Ablösungen durchsetzt, so kann statt dieses allmählichen Hereinbrechens eine plötzliche Wirkung eintreten: das hangende Gebirge hält (vergl. S. 421) auch einer weitgehenden Bloßlegung durch den Abbau noch Stand, um dann schließlich unter heftiger Erschütterung in einer großen Scholle, also im ganzen sich aus seinem natürlichen Verband mit dem Nachbargestein loszulösen. Eine solche Brucherscheinung kann durch die Lagerungsverhältnisse begünstigt werden. Liegt nämlich das Abbaugebiet auf einem flachen Sattel,

so bildet das freigelegte Hangende nach dem Abbau ein natürliches Gewölbe, es tritt also zu der Festigkeit des Gebirges noch die Gewölbespannung hinzu, so daß die Tragfähigkeit des Hangenden noch wesentlich erhöht wird, dafür aber auch die schließliche Auslösung der Spannung durch Abreißen der Gebirgsscholle sich um so heftiger äußert und auf ein größeres Gebiet erstreckt.

164. — Verschiedene Formen von Gebirgsbewegungen. Nach dem Vorstehenden ergeben sich theoretisch 4 Möglichkeiten:

1. allmähliche, aber dem Abbau unmittelbar folgende Senkung im ganzen ohne Bruch.
2. plötzliche, dem Abbau schnell nachfolgende Senkung im ganzen mit Bruch,
3. allmähliches, immer höher hinaufgreifendes Nachbrechen des Gebirges in einzelnen Schichten,
4. plötzliches Nachsinken einer großen Gebirgsscholle im ganzen, längere Zeit nach dem Abbau.

Besteht nun, wie das meistens der Fall ist, das Gebirge im Hangenden weder aus sehr milden noch auch aus sehr festen Schichten, sondern aus Gesteinen von mittlerer Festigkeit, oder wechseln milde und feste Schichten miteinander ab, so werden die Bruchercheinungen Mittelstellungen zwischen diesen verschiedenen Möglichkeiten einnehmen. Das ist in der Regel im Steinkohlenbergbau der Fall, wo den zuerst betrachteten milden Schichten der Schieferton, den zuletzt behandelten festen Gesteinen der Sandstein und das Konglomerat am nächsten kommen und wo durchweg Schiefer- und Sandsteinschichten miteinander wechsellagern. Hier kann z. B. das milde Gebirge (Schieferton) auch in Abbauräume in wenig mächtigen Lagerstätten sich unter Bruch nachsenken; ein Totlaufen eines im Sandsteingebirge entstandenen Bruches kann durch überlagernde mächtige Schieferschichten, welche durch Durchbiegung die hereingestürzten Blöcke mehr und mehr zerdrücken, verhindert werden; die erdbebenartigen Zerreißungen von Sandsteinmitteln können durch zwischen- und überlagernde Schiefermittel abgeschwächt werden usw.

165. — Zeitlicher Verlauf der Bewegungen. Wie diese Erwägungen zeigen, ist die Art der Bruchwirkung gleichzeitig auch für die Zeit, nach welcher die Wirkung eintritt und über die sie sich erstreckt, bestimmend; die Gebirgsbewegungen nach 1. und 2. werden unmittelbar nach dem Abbau sich einstellen; die Bewegung nach 3. wird erst mehr oder weniger lange Zeit nach dem Abbau einsetzen und sich dann über einen unter Umständen sehr langen Zeitraum hinziehen; die Bewegung nach 4. dagegen wird erst längere Zeit nach dem Abbau eintreten, dann aber plötzlich sich vollziehen und schnell erledigt sein.

In den zahlreichen Fällen, in denen es sich um mittelfeste Gebirgsschichten oder um Wechsellagerung fester und milder Mittel handelt, werden auch hinsichtlich der Zeit sich Übergänge zwischen den verschiedenen Bewegungserscheinungen ergeben.

166. — Bedeutung der Lagerungsverhältnisse. Der Neigungswinkel einer Lagerstätte beeinflußt die Gebirgsbewegung insofern, als er

eine Zerlegung der Schwerkraft g (Fig. 426) in 2 Komponenten n und p bewirkt, von denen die eine (n) in der Normalen zu den Schichtflächen, die andere (p) in der Fallrichtung selbst wirkt. Je flacher das Einfallen ist, um so größer wird n und um so kleiner p, während bei steilerer Neigung der Druck des Hangenden gegen das Liegende immer mehr ersetzt wird durch das Bestreben des Hangenden, sich zusammenzustauchen und nach unten hin abzuschieben. Außerdem tritt aus demselben Grunde auch die Neigung der Lagerstätte selbst, aus der Firste eines Abbauhohlraumes hereinzubrechen, mit zunehmendem Fallwinkel immer stärker in Erscheinung.

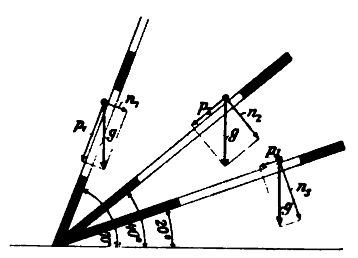


Fig. 426. Bedeutung des Einfallens für die Verteilung des Gebirgsdrucks.

Die Bedeutung der Mächtigkeit der abzubauenden Lagerstätten wurde bereits vorhin berührt. Es ist namentlich beim Kohlenbergbau keineswegs gleichgültig, ob eine und dieselbe Fördermenge aus vielen dünnen oder wenigen mächtigen Lagerstätten gewonnen wird; im ersten Falle wird die Gesamtmächtigkeit in vielen einzelnen Abschnitten mit jedesmal schnell fortschreitendem Verhiebe gewonnen, im zweiten Falle erfolgt die Gewinnung der Gesamtmächtigkeit in wenigen Absätzen, wobei jedesmal der Abbau nur langsam fortschreitet. Im ersten Falle ergeben sich also viele Senkungsstufen im hangenden Gebirge, deren jede eine geringe, aber sich schnell über ein weites Gebiet erstreckende Senkung umfaßt; im zweiten Falle schreitet die Senkung nur langsam fort, vollzieht sich aber in wenigen großen Stufen (vergl. auch die Ausführungen unter „Scheibenbau", S. 378) und wirkt so bedeutend nachteiliger. Die vorstehend besprochenen Gebirgsbewegungen machen sich sowohl im Bergbaubetriebe selbst als auch an der Erdoberfläche in mannigfachen Erscheinungen bemerklich, die kurz zu behandeln sind.

167. — Gebirgsbewegungen beim Abbau. Die Wirkungen der Bloßlegung des Hangenden auf den Abbau sind je nach dem angewandten Abbauverfahren, nach dem Einfallen und nach der Beschaffenheit des Hangenden und Liegenden verschieden.

Wird ohne Versatz abgebaut, so lastet das Hangende auf den noch anstehenden Lagerstättenteilen. Ist nun das abzubauende Mineral mäßig fest, wie das bei der Steinkohle der Fall ist, so tritt in den freigelegten Stößen eine mehr oder weniger starke Spannung auf, die vielfach zu einem explosionsartigen Absprengen von Kohlenschalen führt; diese Erscheinung ist namentlich im oberschlesischen Bergbau vielfach beobachtet worden.

Löst sich die über größeren Hohlräumen sich einstellende Gebirgsspannung durch Rißbildung in mächtigeren Gebirgsmitteln plötzlich aus, so erfolgt das unter heftigen Erschütterungen und mit starkem Knall; derartige Erscheinungen werden im Ruhrkohlenbezirk als „Knälle", in anderen Bergbaugebieten als „Bergschüsse" oder „Pfeilerschüsse" bezeichnet.

Wird jedoch in diesem Falle das Liegende durch milde Schichten gebildet, so kann eine andere Wirkung eintreten; die Gebirgsspannung

löst sich größtenteils durch Emporpressen des bloßgelegten Liegenden in den entstandenen Hohlraum aus, wodurch die Kohlenstöße entlastet werden (Fig. 427). Diese dem Ruhrkohlenbergmann wohlbekannte Erscheinung wird als „Quellen" des Liegenden bezeichnet; sie kann durch die aufblähende Wirkung der Wasseraufnahme durch das Liegende verstärkt werden.

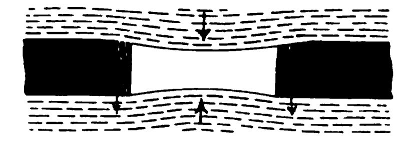
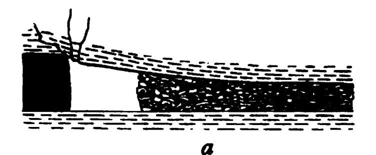
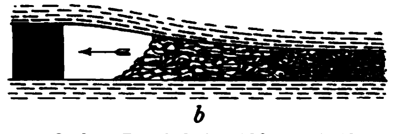


Fig. 427. Das „Quellen" des Liegenden. „Drucklagen" in der Kohle.

Wird Abbau ohne Versatz unter einem milden Hangenden geführt, so kann sich dieses unter Durchbiegung in die Hohlräume hineinsenken, falls sie nicht zu hoch sind. Die beiderseits begrenzenden Kohlenstöße werden dann in ähnlicher Weise wie die Auflager eines in der Mitte sich durchbiegenden Balkens beansprucht (Fig. 427); der Druck vom Hangenden her strebt in erster Linie dahin, die oberen Ecken der Stöße abzudrücken.

Beim Abbau mit Versatz ist Glockenbildung ausgeschlossen. Die Druckwirkungen äußern sich hier im übrigen verschieden, je nachdem der jeweilige Abbau- oder Strecken-Hohlraum nur auf einer Seite oder auf beiden Seiten von Versatz begrenzt ist und je nachdem der Kohlenstoß senkrecht zur Abbaurichtung oder in derselben liegt. Wird ein Abbau-Hohlraum auf der einen Seite vom anstehenden Kohlenstoß, auf der andern vom Bergeversatz begrenzt, so setzt sich das Hangende nach Art eines an einer Seite, d. h. über dem Kohlenstoß, eingespannten, an der andern frei-





a *b*

Fig. 428 *a* und *b*. Senkung des Hangenden mit und ohne Bruch beim Abbau mit Versatz.

tragenden Balkens auf den Versatz (Fig. 428 *a* und *b*) und preßt diesen zusammen. Bleibt in diesem Falle der Kohlenstoß einige Zeit an derselben Stelle, d. h. liegt er in der Richtung des Abbaus, wie das z. B. beim Strebbau mit abgesetzten Stößen und besonders beim Stoßbau vorkommt, so kann das Hangende den Kohlenstoß entlang durchbrechen und so gefährliche Bruchkanten bilden (Fig. 428 *a*). Rückt dagegen der Abbau senkrecht zum Kohlenstoß vor, so daß dieser täglich weiter vorgeschoben wird, so werden immer neue Flächen des Hangenden bloßgelegt; dieses findet daher nicht Zeit, in seiner ganzen Masse durchzubrechen (Fig. 428 *b*).

168. — Rücksicht auf die Gebirgsbewegung beim Abbau. Der Abbaubetrieb verlangt eine Berücksichtigung der Gebirgsbewegungen außer durch entsprechende Ausgestaltung des Abbauverfahrens auch insofern, als beim Abbau einer Lagerstätte auf die Abbauwirkungen von benachbarten Lagerstätten her Rücksicht genommen werden muß. Bei ganz flacher Lagerung ergibt sich hiernach die bereits früher erwähnte Regel, die hangende Lagerstätte vor der liegenden abzubauen, falls nicht

besondere Gründe für das umgekehrte Verfahren sprechen. Sind dagegen die Schichten geneigt, so können gewisse Teile der liegenderen Lagerstätten schon vor Beendigung des Abbaus in den hangenderen in Verhieb genommen werden, sofern nur die gleich zu besprechenden **Bruchwinkel**, d. h. die Winkel gegen die Horizontale, unter denen sich die Bruchwirkungen fortpflanzen, berücksichtigt werden. So z. B. würden bei dem in Fig. 429

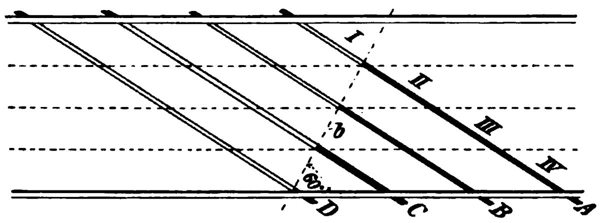


Fig. 429. Gleichzeitiger Abbau auf Nachbarflözen.

angenommenen Bruchwinkel von 60° nach Abbau des Teilsohlenabschnitts *I* im Flöze *A* bereits die Abschnitte *I* und *II* im Flöze *B* oder die Abschnitte *I—III* im Flöze *C* oder endlich alle 4 Abschnitte im Flöze *D* abgebaut werden können, ohne daß sich nachteilige Wirkungen auf den Abbau der unteren Abschnitte im Flöze *A* ergeben würden.

169. — Gebirgsbewegungen und Erdoberfläche. Allgemeines. Hier ist zunächst die Frage zu erörtern, unter welchen Bedingungen und in welcher Weise sich die Wirkungen des Abbaus nach der Tagesoberfläche hin fortpflanzen. Und zwar ist von vornherein hervorzuheben, daß nicht jeder noch so kleine Abbaubetrieb, falls er in größerer Teufe umgegangen ist, Beschädigungen der Oberfläche zur Folge hat. Anderseits hat sich im Ruhrkohlenbezirk herausgestellt, daß bei genügendem Umfang des Abbaus auch größere Teufen eine Fortpflanzung der Bewegungen bis zur Tagesoberfläche nicht ausschließen, da auch die in den bisher größten Teufen dort umgegangenen Abbaubetriebe auf die Oberfläche eingewirkt haben.

Die Gesetze, nach denen die Bruchwirkungen sich nach oben hin fortsetzen, sind noch nicht mit unbestrittener Sicherheit ermittelt. Es kann hier nicht auf die verschiedenen Theorieen, welche im Laufe der Zeit aufgestellt sind, eingegangen werden; nur soviel sei davon erwähnt, daß sowohl eine lotrecht nach oben als auch eine normal zur Flözebene gerichtete Erstreckung der Bruchwirkungen Anhänger fand. In neuerer Zeit hat man die Erfahrung gemacht, daß das Hereinbrechen des Hangenden in die Abbauhohlräume sich nach oben hin auf schräg geneigten Bruchflächen fortpflanzt. deren Neigungswinkel (der „Bruchwinkel") dem natürlichen Böschungswinkel der Gebirgsschichten nahe kommt, also in milden Schichten flacher, in festen steiler ist. Wo Schichtenfolgen von verschiedener Beschaffenheit miteinander abwechseln, stellt sich ein mittlerer Bruchwinkel ein. Derartige Bruchflächen begrenzen das Abbaugebiet nach allen 4 Seiten hin, so daß also nach der Erdoberfläche hin ringsherum ein Übergreifen des Bruches über die Grenzen eines gegebenen Abbaufeldes stattfindet.

Der heutige Stand der Erfahrung hinsichtlich solcher Lagerungs- und Gebirgsverhältnisse, wie sie für den Ruhrkohlenbezirk bezeichnend sind, ist in der Hauptsache folgender:[1])

Die Bruchwinkel sind nicht nur nach der Art des Gebirges, sondern auch nach der Lage der Abbaugrenzen verschieden. Im Steinkohlengebirge beträgt an der unteren Abbaugrenze der Bruchwinkel bei flacher oder wenig geneigter Lagerung 75°; bei etwa 35° Neigung ist eine senkrecht zur Flözebene gerichtete Erstreckung der Bruchebene anzunehmen, so daß sich hier ein Bruchwinkel von $90 - 35 = 55°$ ergibt (Fig. 430, Querschnitt). Dieser bildet auch für alle über 35° hinausgehenden Fallwinkel die äußerste Grenze; eine Erstreckung der unteren Bruchfläche unter einem kleineren Winkel ist daher für gewöhnlich nicht wahrscheinlich.

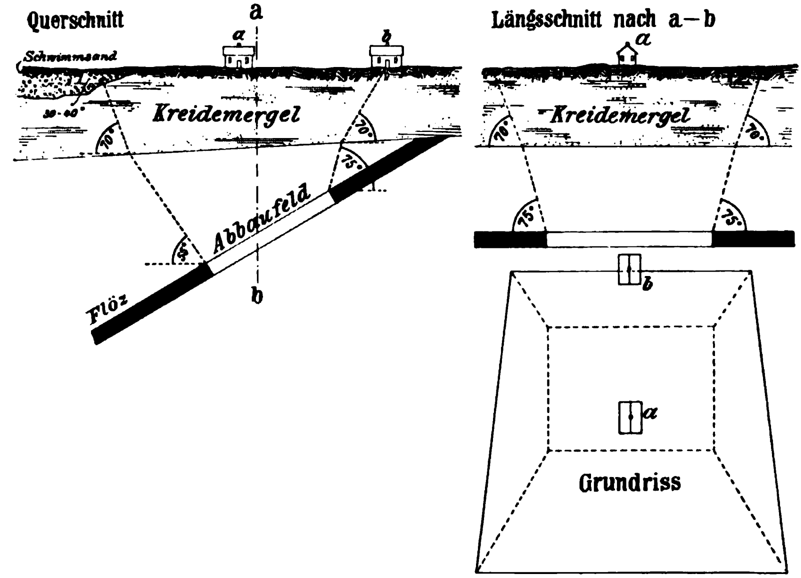


Fig. 430. Verlauf der Bruchlinien im Ruhrbezirk.

An der oberen Abbaugrenze ist der Bruchwinkel gleichmäßig mit 75° einzusetzen. Der gleiche Winkel ist für das Übergreifen der Bruchwirkungen an den beiden streichenden Grenzen (Fig. 430, Längsschnitt) anzunehmen. — Der im Ruhrbezirk als Deckgebirge auftretende Kreidemergel bricht unter einem Winkel von etwa 75° auf allen Seiten des Abbaufeldes. — Schwimmendes Gebirge sinkt naturgemäß nach bedeutend flacheren Winkeln ab, die etwa mit 30—40° einzusetzen sind, jedoch nach der Zusammensetzung und dem Wassergehalt dieser Schichten schwanken.

Diese Brucherscheinungen werden durch die Figur 430 erläutert. Der Grundriß läßt erkennen, daß auf diese Weise als theoretische Form des Senkungsfeldes für ein rechteckig begrenztes Abbaugebiet sich diejenige eines rechteckigen Trichters ergibt, der nach der unteren Abbau-

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütt.- u. Sal.-Wes., Bd. 45, 1897, S. 372.

grenze hin sich weiter über das Abbaufeld hinaus erstreckt als nach den 3 anderen Seiten, weil einerseits der Bruchwinkel von der unteren Grenze aus am kleinsten und anderseits die Teufe an dieser Grenze am größten ist. Tatsächlich wird sich jedoch dort, wo eine Mergeldecke von einiger Stärke das Steinkohlengebirge überlagert, dieser Umriß des Senkungsfeldes nicht so scharf ausprägen; die Ecken erscheinen abgerundet und die milde und zähe Beschaffenheit vieler Mergelschichten, namentlich derjenigen des Emschermergels (siehe S. 59), ermöglicht ein gewisses Durchbiegen derselben, so daß an den Rändern des Senkungsfeldes kein scharfes Abbrechen stattfindet, sondern dieses die Gestalt einer flachen, nach den Grenzen sich allmählich heraushebenden Mulde annimmt.

Aus diesem Verlauf der Bruchflächen folgt, daß mit zunehmender Tiefe des Abbaus das zugehörige Senkungsfeld an der Oberfläche immer größeren Umfang annimmt. Infolgedessen steht bei großen Teufen eine bedeutend größere Gebirgsmasse zur Ausfüllung der Hohlräume zur Verfügung als bei geringen Tiefen; das Maß der Senkung über Tage wird also um so geringer, je größer die Tiefe ist, in der abgebaut wird.

Wesentlich ungünstiger ist, wie bereits mehrfach erwähnt wurde, der oberschlesische Bergbau in der Sattelflözgruppe gestellt, wo die Gebirgsbewegungen infolge der großen Flözmächtigkeiten wesentlich heftiger und die Teufen geringer als im Ruhrkohlenbezirk sind und wo das Deckgebirge, soweit es überhaupt auftritt, nicht die abschwächende und ausgleichende Wirkung des Kreidemergels ausübt. Nach den Beobachtungen von Wachsmann[1]) treten hier im Steinkohlengebirge Bruchwinkel von 79—87° auf; jedoch macht sich außerhalb der Bruchzone noch ein Senkungsgebiet bemerklich, wo eine etwa unter 63—80° sich nach oben hin fortpflanzende Durchbiegung der Schichten eintritt. Auch dem Saarrevier und dem niederschlesischen Bergbaugebiet fehlt an den meisten Stellen ein solches Deckgebirge, während die Bewegungen im Steinkohlengebirge selbst hier wegen der ähnlichen Flöz- und Gebirgsverhältnisse sich den in Westfalen beobachteten nähern.

170. — **Erscheinungen an der Erdoberfläche im einzelnen.** Die einfachste und unmittelbarste Einwirkung des Abbaus auf die Erdoberfläche ist deren Senkung, die nach dem vorstehenden im westfälischen Bergbaugebiet in der mittleren Gegend des Senkungsfeldes am größten ist und nach den Rändern hin allmählich abnimmt, falls eine genügend starke Mergeldecke vorhanden ist. Die Folgen der Senkung für Baulichkeiten und sonstige Anlagen über Tage sind teils ganz geringfügiger, teils schwerwiegender Natur, je nachdem das Gelände gleichmäßig oder ungleichmäßig sinkt und je nachdem die Gegenstände an der Erdoberfläche mehr oder weniger empfindlich sind. Gleichmäßige Senkungen von Tagesgegenständen können bei geringem Umfang derselben und bei genügendem Abstand vom Rande des Senkungsfeldes eintreten, so z. B. bei kleineren Gebäuden, welche im Innern des Senkungsgebietes liegen (*a* in Fig. 430). Derartige einfache Senkungen sind, solange sie nicht stoßweise erfolgen, für solche Gebäude vollkommen unschädlich. Ungleichmäßige Senkungen treten

[1]) Zeitschr. d. oberschles. berg- u. hüttenmänn. Vereins 1900, Augustheft.

ein: bei Gebäuden in der Nähe des Randes des Senkungsfeldes (*b* in Fig. 430) — bei großen Gebäuden auch im Innern der Senke, falls sie so groß sind, daß der Abbau nicht schnell genug unter ihnen fortschreiten kann, — sowie bei allen langhin sich erstreckenden Anlagen, wie bei Schienen-, Gas- und Wasserrohrleitungen, Kanalisationen u. dergl., außerdem bei Wasserläufen jeder Art, da in all diesen letztgenannten Fällen ein gleichmäßiges Niedergehen auf die ganze Erstreckung ausgeschlossen ist. — Während bei gleichmäßigen Senkungen die Größe der Senkung unerheblich ist, spielt sie bei ungleichmäßiger Senkung eine ausschlaggebende Rolle für die Größe der verursachten Schäden. Besonders empfindlich sind nach dieser Richtung hin Kanäle und Wasserläufe mit geringem Gefälle; hier können geringfügige Senkungen schon zu schwerwiegenden und umfangreichen Vorflutstörungen und Versumpfungserscheinungen führen.

Eine wichtige, wenn auch bisher weniger beachtete Folge der Senkungen sind Horizontalbewegungen. Es leuchtet ein, daß infolge der Neigung der Bruchflächen ein Herabgleiten der abreißenden Gebirgsschichten an diesen nicht nur eine Senkung, sondern auch eine nach dem Innern der Senke gerichtete Seitenverschiebung eintreten muß, die sich bei steilerer Schichtenstellung an der unteren Abbaugrenze wegen des hier flacheren Bruchwinkels stärker bemerklich machen wird als an der oberen und die umso deutlicher hervortreten wird, je dünner das Deckgebirge ist. Overhoff in Bochum hat derartige Horizontalbewegungen in teilweise bedeutender Stärke nachgewiesen.[1]) Der unmittelbaren Beobachtung drängen sie sich durch verschiedene Begleiterscheinungen auf. Und zwar sind diese an den Rändern der Senkungsmulden andere als in deren Mitte. Da nämlich der abreißende Gebirgskörper nach den obigen Darlegungen eine keilförmige Gestalt hat, so muß die Gebirgsmasse bei ihrer Verschiebung nach unten sich auf einen etwas kleineren Raum zusammendrängen, so daß die Horizontalbewegungen der Oberfläche sich im Innern eines Senkungsfeldes als Stauchungserscheinungen bemerklich machen. Daher sind für die Ränder eines Senkungsgebietes bezeichnend: Erdrisse, Erweiterung der Stoßfugen bei Straßenbahnen, Auseinanderziehen von Rohrleitungen, Häuserrisse mit größter Öffnung in den Kellerräumen. Die Bewegung im Innern einer Senke dagegen kennzeichnet sich durch: Mauerstauchungen, Übereinanderschieben von Treppenstufen, Torflügeln usw., Schienenpressungen, die bis zum plötzlichen Ausspringen von Schienen führen können, Rohrbrüche durch Stauchung, Häuserrisse mit größter Öffnung im Giebel.

171. — Tagebrüche. Tiefe und scharf abgegrenzte Senkungsgebiete werden als Tagebrüche bezeichnet, namentlich dann, wenn sie nur geringe Ausdehnung haben. Sie treten in erster Linie beim Abbau mächtiger, flachgelagerter Flöze auf. Der Abbau von geringmächtigen Flözen kann solche Brüche dann zur Folge haben, wenn das Einfallen so steil ist, daß das Hangende in sich selbst zusammenbricht (Fig. 431*a*) oder wenn unter dem Deckgebirge in steilstehenden Flözen Sicherheitspfeiler stehen geblieben sind, die später durch den beim Abbau entstehenden Gebirgsdruck

[1]) Mitteilungen aus dem Markscheiderwesen, 1901, S. 43.

zerdrückt und zum Abrutschen gebracht werden (Fig. 431 *b*). In beiden Fällen entstehen tiefe Auskesselungen, in welche auch das Deckgebirge, falls es nicht von größerer Mächtigkeit ist (in Westfalen sind bei mehr als 60 m Mächtigkeit des Mergels keine Tagebrüche mehr beobachtet worden), nachstürzt.

172. — Wasserentziehung. Eine mittelbare Wirkung des Abbaus ist die Wasserentziehung, indem wassertragende Schichten zerrissen oder in anderer Weise dem Grundwasser Abzugwege nach unten eröffnet werden. Es ist nicht notwendig an eine solche Wasserabzapfung durch die Grubenbaue eine Senkung des Grundwasserspiegels im Vergleich zur Erdoberfläche geknüpft, da die gleichzeitige Senkung der letzteren durch den Abbau groß genug sein kann, um die Herabziehung des Grundwasserspiegels durch Wasserentziehung wieder auszugleichen.

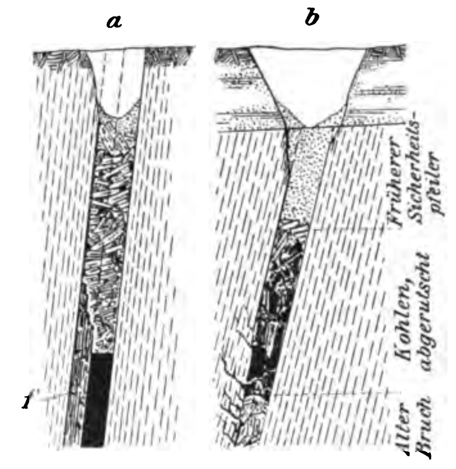


Fig. 431 *a* und *b*. Tagebrüche bei steiler Lagerung.

Die wichtige, viel umstrittene Frage, ob die Wasserentziehung aus Sand- und Kiesschichten eine Schrumpfung dieser Schichten bewirke, wird jetzt von den meisten Fachmännern verneinend beantwortet,[1]) indem von der Voraussetzung ausgegangen wird, daß schon in wasserdurchtränktem Zustande solcher Ablagerungen ihre einzelnen Teilchen sich so dicht wie möglich zusammengedrängt haben und sich infolgedessen berühren, so daß das Wasser lediglich ihre Zwischenräume ausfüllt und seine Entfernung an dem Zustande der Ablagerung nichts mehr ändert.

173. — Allgemeines über Maßnahmen gegen die schädlichen Folgen der Gebirgsbewegungen. Der Bergbautreibende muß darauf Bedacht nehmen, sowohl seinen eigenen unterirdischen Betrieb als auch die Tagesoberfläche nach Möglichkeit gegen die Abbauwirkungen zu schützen. Die verschiedenartigen Maßregeln, welche für den Schutz der Grubenbaue selbst beim Abbau und Ausbau getroffen werden, finden in diesen Abschnitten Besprechung und können daher hier übergangen werden. Hier handelt es sich vielmehr um Sicherheitspfeiler, welche in der Lagerstätte stehen gelassen werden, um eine Gefährdung des ganzen Betriebes oder einzelner Baue zu verhüten. Als solche Pfeiler kommen in erster Linie diejenigen an der Markscheide und diejenigen gegen wasserführendes Deckgebirge in Betracht. Die ersteren sollen eine Gefährdung des Bergwerks durch Wasserdurchbrüche von Nachbargruben her ausschließen und außerdem

[1]) Bernhardi in der Zeitschr. d. oberschles. berg- und hüttenmänn. Vereins 1902, S. 26; Gräff im Glückauf 1901, S. 601.

gefährliche Störungen der Wetterführung durch Durchdrücken schädlicher Gase aus angrenzenden alten Bauen oder frischer Wetter in diese verhüten. Die letzteren sollen die Wasser des Deckgebirges von den Grubenbauen fernhalten. Als Stärke dieser Sicherheitspfeiler wird im Ruhrbezirk eine solche von 20 m (von der Markscheide aus nach jeder Seite horizontal, von der Mergelgrenze aus vertikal gemessen) für ausreichend erachtet.

174. — **Schutzmaßregeln für Grubenbaue.** Was die Sicherheitspfeiler zur Schonung einzelner Grubenbaue betrifft, so ist bereits oben an verschiedenen Stellen hervorgehoben worden, daß man im Steinkohlenbergbau neuerdings mehr und mehr die Vermeidung von Sicherheitspfeilern für Bremsberge und -Schächte, Querschläge usw. anstrebt, weil sie doch keinen dauernden Schutz gewähren und die in ihnen enthaltene Kohle der

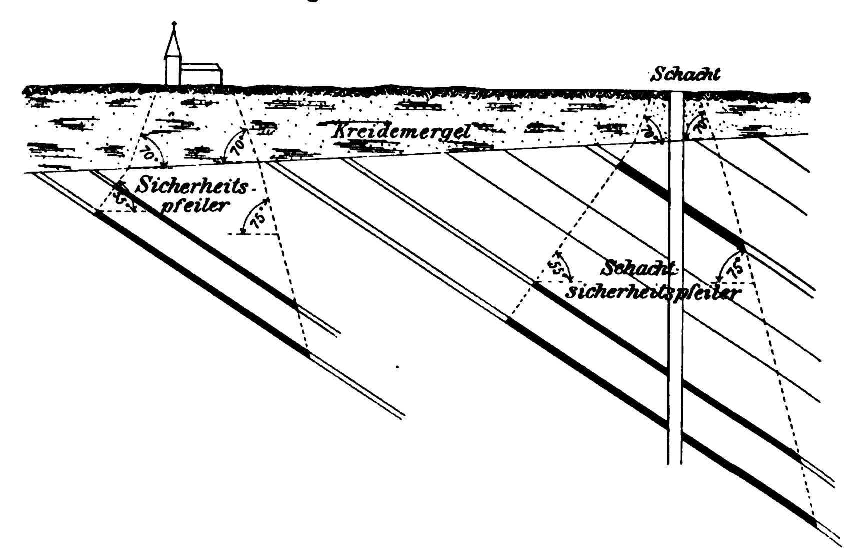


Fig. 432. Bemessung von Sicherheitspfeilern beim Steinkohlenbergbau.

Gewinnung entzogen oder doch stark entwertet wird. Nur die Schachtsicherheitspfeiler werden auch hier unverritzt gelassen. Ihre Bemessung erfolgte früher nach gewissen Erfahrungszahlen, so daß man z. B. 50 oder 100 m Radius für den Schachtsicherheitspfeiler auf allen Sohlen als ausreichend erachtete. Heute, wo genauere Beobachtungen über die Bruchwinkel vorliegen, muß man diesen Rechnung tragen und den Schachtsicherheitspfeiler den Bruchgesetzen entsprechend nach unten hin stärker werden lassen (Fig. 432); diese Zunahme der Ausdehnung muß überdies nach der Seite hin, von wo die Flöze nach dem Schachte hin einfallen, entprechend größer sein.

175. — **Schutzmaßregeln für die Erdoberfläche.** Ebenso wie die Schachtsicherheitspfeiler müssen auch die zur Schonung von Tagesgegenständen bestimmten Sicherheitspfeiler gemäß Fig. 432 nach den Bruchgesetzen bemessen werden, wobei man der Sicherheit halber noch einige

Meter nach jeder Seite hin zugeben wird. Die Frage, welche Bauwerke u. dergl. in dieser Weise zu schützen sind, wird sich einesteils nach dem durch die Aufsichtsbehörde zu vertretenden öffentlichen Interesse, anderseits nach wirtschaftlichen Erwägungen beantworten. In ersterer Hinsicht kommen solche Anlagen in Betracht, welche für die Allgemeinheit Wert haben, wie Kirchen, Museen, Krankenhäuser, geschlossene Ansiedelungen, Wasser-, Gas- und Elektrizitätswerke, Kanalschleusen, Friedhöfe u. dergl. Die Berücksichtigung des wirtschaftlichen Gesichtspunktes läuft einfach hinaus auf eine Berechnung derjenigen Verluste einerseits, welche sich bei Anstehenlassen der Sicherheitspfeiler als entgangener Gewinn ergeben würden, und derjenigen Kosten anderseits, mit denen die Gewinnung dieser Mineralmengen durch die Mehrkosten eines Abbaus mit Versatz oder durch die notwendigen Vergütungen für Bergschäden aller Art oder durch beides belastet werden würde.

Ist das Hangende und das abzubauende Mineral so fest, daß keine geschlossenen Sicherheitspfeiler stehen zu bleiben brauchen, sondern an deren Stelle ein Abbau mit Bergfesten (S. 409 u. f.) treten kann, so kann zur Beantwortung der Frage, ob ein solcher Abbau der vollständigen Mineralgewinnung unter Einbringung von Versatz vorzuziehen ist oder nicht, eine von Oberberghauptmann von Velsen für den Vergleich zwischen Pfeiler- und Versatzbau aufgestellte Formel benutzt werden,[1]) in welcher die nach beiden Verfahren gewinnbaren Mineralienmengen, multipliziert mit dem zu erzielenden Gewinn je Tonne Förderung, einander gegenübergestellt werden. Bezeichnet man den Abbauverlust beim Abbau mit Bergfesten in Prozenten der anstehenden Mineralmasse mit x, die Mehrkosten des Bergeversatzabbaus mit a und den Gewinn auf 100 t Förderung mit n, so sind beide Verfahren wirtschaftlich gleichwertig, wenn für je 100 t die Gleichung besteht:

$$(100 - a) \cdot n = 100 \cdot (n - x).$$

Daraus folgt dann $a \cdot n = 100 \cdot x$:

$$x = \frac{a \cdot n}{100}.$$

Diese Gleichung bezeichnet den theoretischen Grenzfall. Bleiben die Mehrkosten des Abbaus mit Versatz unterhalb des Wertes $\frac{a \cdot n}{100}$, so ist dieser Abbau, im entgegengesetzten Falle der Abbau mit Bergfesten vorzuziehen.

Beläuft sich z. B. der Abbauverlust bei letzterem auf 40 p. Ct. und der auf 100 t Förderung erzielte Gewinn auf 80 M., so wird:

$$x = \frac{40 \cdot 80}{100} = 32,$$

d. h. die Mehrkosten für den Abbau mit Versatz können bis auf 32 M. pro 100 t, also 0,32 M. pro Tonne steigen, ehe der Abbau mit Bergfesten wirtschaftlicher wird.

---

[1]) Zeitschr. d. oberschles. Berg- und Hüttenmänn. Ver. 1901, S. 520; vergl. auch Haton de la Goup., Bd. II, S. 116.

Der Betrag x bedeutet beim Abbau mit Spülversatz lediglich die Mehrkosten des Versatzes selbst, beim Abbau mit Handversatz außerdem noch die für Bergschäden zu zahlende Vergütung.

Außer durch das Anstehenlassen von Sicherheitspfeilern oder durch Versatz läßt sich auch durch eine zweckmäßige Führung des Abbaus unter Umständen eine Verringerung der Schäden an der Oberfläche herbeiführen, indem so abgebaut wird, daß unter den zu schonenden Gebäuden der Abbau möglichst schnell und in zusammenhängenden breiten Flächen zu Felde rückt, damit größere Gebiete gleichmäßig gesenkt werden können. Von diesem Gesichtspunkte aus verdient besonders der Strebbau mit breitem Blick den Vorzug, während z. B. der Stoßbau in dieser Hinsicht unvorteilhaft erscheint.

IV. Große unterirdische Räume und ihre Herstellung.

176. — Allgemeines. Sollen unter Tage besonders große Räume geschaffen werden, so sind meist besondere Maßregeln erforderlich, um nicht auf einmal zu große Flächen freilegen zu müssen oder doch wenigstens dem dabei rege werdenden Gebirgsdruck wirksam begegnen zu können.

Als solche Hohlräume kommen in erster Linie Füllörter und Maschinenkammern in Betracht. Von sonstigen Räumen sind zu nennen: Pferdeställe, Gezähe-, Sprengstoff-, Verbandstoffkammern u. dergl. Jedoch bieten Pferdeställe meist keine besonderen Schwierigkeiten, da sie nur in der Längsrichtung eine größere Erstreckung haben, ihre Höhe nur gleich derjenigen der Förderquerschläge und -Strecken zu sein braucht und in der Querrichtung außer für den Pferdestand nur noch für einen Gang an diesem entlang Platz geschaffen werden muß. Die anderen Kammern aber kommen mit noch kleineren Abmessungen aus.

177. — Gestalt und Abmessungen. Man wird größere Hohlräume — falls nicht der Gebirgsdruck ganz unerheblich ist — nach Möglichkeit so herzustellen suchen, daß sie nur in einer Richtung eine größere Ausdehnung haben, also in der Höhe möglichst beschränkt und im übrigen lang und schmal sind. Eine solche Gestalt ergibt sich bei Füllörtern und Pferdeställen aus der Natur der Sache, während sie bei Maschinenräumen dadurch ermöglicht werden kann, daß man die Maschinen gestreckt baut und, falls mehrere größere Maschinen aufzustellen sind, diese hintereinander statt nebeneinander einbaut. — Ferner wird man nach Möglichkeit die Längsachse des Raumes in die querschlägige Richtung legen, um den Gebirgsdruck, der durch das Bestreben der einzelnen Gesteinsbänke, auf den Schichtflächen abzuschieben, entsteht, auf die kurzen statt auf die langen Seiten wirken zu lassen. Doch geht das nicht immer: Füllörter z. B. müssen mit der Längsachse dann in der Streichrichtung liegen, wenn der Schacht rechteckigen, gestreckten Querschnitt hat und seinerseits schon quer zum Streichen steht, wie das bei rechteckigen Schächten der Fall zu sein pflegt (vergl. S. 261).

Bei flacher Lagerung tritt dieser Gesichtspunkt zurück. Dafür ergibt sich beim Steinkohlenbergbau hier die Notwendigkeit, auf etwa durchsetzende Flöze Rücksicht zu nehmen, was bei flachem Einfallen wichtiger, aber auch eher möglich ist als bei steilem. Man wird nämlich nach Möglichkeit vermeiden, ein Flöz in unmittelbarer Nähe über der Firste oder unter der Sohle des Raumes anstehen zu lassen, weil man dann später mit starkem Druck zu kämpfen hat. Lieber wird man, wenn der Abstand bis zum Flöz nicht zu groß ist, dieses in der Firste mitgewinnen und den Raum etwas höher ausschießen, als unbedingt notwendig wäre, oder, falls das Flöz in der Sohle liegt, die höheren Kosten nicht scheuen, die das Einbringen von Mauerung oder Beton an seiner Stelle verursacht. Die höheren Anlagekosten werden dann bald durch geringere Ausgaben für die Unterhaltung ausgeglichen; sie verringern sich überdies auch etwas dadurch, daß im Flöz der Einbruch billig hergestellt werden kann.

Hinsichtlich der Größenverhältnisse gilt folgendes: Maschinenräume müssen im Grundriß naturgemäß die durch die Maße der Maschinen und durch die Rücksicht auf leichten Einbau und gefahrlose Bedienung bedingten Abmessungen erhalten. Ihre Höhe ist so zu wählen, daß genügend Platz für einen Laufkrahn oberhalb der Maschinen geschaffen wird, damit sowohl deren Aufstellung als auch die Auswechselung reparaturbedürftiger Teile ohne Schwierigkeiten vor sich gehen kann.

Füllörter[1]) müssen so breit sein, daß den Fördergestellen ohne Zeitverlust die Wagen zugeführt werden können und außerdem die Anschläger ausreichend Platz haben. Daher richtet sich ihre Breite nach der Größe der Förderung und ist am größten für Schächte mit 2 Förderabteilungen. Es müssen bei lebhafter Förderung immer mehrere Reihen von Förderwagen nebeneinander im Füllort Platz haben. Auch eine größere Länge ist vorteilhaft, damit das Füllort einen Zwischenbehälter darstellen kann, der eine genügende Menge von Wagen faßt, um eine Rückwirkung von kürzeren Stockungen in der Schachtförderung auf die Streckenförderung und umgekehrt auszugleichen. Zur Bewältigung größerer Fördermengen empfiehlt sich die Verlängerung des Füllorts nach der Hinterseite des Anschlags, damit die Wagen bei der Bedienung der Gestelle durchgeschoben werden können. Man stellt dann zweckmäßig unmittelbar am Schacht eine Verbindung zwischen Vorder- und Hinterseite her, um den auf beiden Seiten beschäftigten Anschlägern im Notfalle eine schleunige gegenseitige Hilfeleistung zu ermöglichen. Die Höhe des Füllorts hängt zunächst von der Art der Bedienung der Fördergestelle ab: soll auf mehreren Etagen gleichzeitig aufgeschoben werden, so muß unterhalb der eigentlichen Füllortsohle noch ein entsprechend tiefer „Keller“ ausgeschossen werden, dessen Länge allerdings, da er nie eine größere Menge von Förderwagen aufzunehmen braucht, wesentlich geringer sein kann als die des Füllorts. Außerdem muß aber in jedem Falle das eigentliche Füllort am Schacht so hoch sein, daß das Hereinfördern von größeren Maschinenteilen (bei den oberschlesischen Holzhängeschächten auch das Hereinholen der im

[1]) Hier soll nur von Füllörtern für Gestell-Schachtförderung die Rede sein

Schachte eingehängten langen Hölzer) auf keine Schwierigkeiten stößt. Meistens gewinnt man diese Höhe dadurch, daß man die Firste des Füllorts nach dem Schachte hin allmählich ansteigen läßt.

178. — **Herstellung großer Räume.** Bei der Herstellung solcher großen Räume können hauptsächlich zwei Mittel zur Erleichterung der Arbeit und Verhütung von Gefahren angewendet werden, nämlich 1. das Vorgehen in kleinen Abschnitten zur Vermeidung des Bloßlegens größerer Flächen auf einmal, und 2. die beschleunigte Nachführung des Ausbaus.

Der Ausbau besteht in der Regel aus Mauerung oder Beton, letzterer mit oder ohne Eiseneinlagen.

Die zu beobachtende Vorsicht muß um so größer sein, je schlechter das Gebirge und je größer der zu schaffende Raum ist. Hiernach ergeben sich unter Berücksichtigung der beiden ebengenannten Gesichtspunkte folgende Verfahren (in der Reihenfolge vom einfachsten zum vorsichtigsten Vorgehen aufgeführt):

1. Herausschießen „aus dem Vollen“ mit Ausmauerung nach Fertigstellung des Raumes;
2. Zerlegung der Angriffsfläche in mehrere Absätze, die gleichzeitig, firsten- oder strossenbauartig, vorgetrieben werden; nachträgliche Ausmauerung des ganzen Raumes;
3. und 4. wie 1. und 2., aber mit unmittelbar dem Vortrieb folgendem Ausbau:
5. zuerst Gewinnung und Ausmauerung des oberen Teiles, später Hereinschießen und Ausmauern des unteren Teiles;
6. Umkehrung von 5.;
7. zuerst Herstellung des Ausbaus am Umfange des Raumes, nachher Hereingewinnung des stehen gebliebenen Gesteinkerns im Innern.

Die unter 1. und 2. genannten Verfahren bieten keine Besonderheiten und bedürfen daher keiner weiteren Besprechung. Der Arbeitsvorgang nach 2. erinnert an den Kammerbau im deutschen Kalisalzbergbau.

Läßt man (Verfahren 3. und 4.) den Ausbau unmittelbar auf die Gewinnung folgen, so daß er dem Angriffstoße in geringem Abstande nachfolgt, so geschieht das, um bei schlechtem Gebirge Steinfall aus der Firste zu verhüten. Es wird also, wenn der Stoß in Absätzen vorgetrieben wird, hier erwünscht sein, mit Strossenverhieb vorzugehen und gleich bei der obersten und vordersten Strosse die Firste endgültig abzufangen, was bei Firstenverhieb nicht möglich sein würde; doch ist ein solches Verfahren, weil die nachrückenden Strossen immer wieder den fertiggestellten Teil der Mauerung unterfangen müssen, umständlich und erfordert große Sorgfalt bei der Ausübung der Schießarbeit, um die Mauer nicht zu beschädigen.

Das Verfahren zu 5. wird durch die Figuren 433 und 434 veranschaulicht; es wird auch bei Tunnelbauten vielfach angewandt, wo es als „belgische Methode“ bekannt ist. Für kleinere Räume dient das Vorgehen nach Fig. 433,[1]) bei welchem unter Einbringung einer verlorenen Zimmerung zuerst die Einbruchstrecke *1* vorgetrieben wird, dann die

[1]) Haton de la Goup., Bd. I, S. 720.

Seitenstrecken *2* aufgefahren werden, worauf das Firstengewölbe eingebracht wird; es folgt dann in ähnlicher Weise der untere Abschnitt mit den Strecken *3* und *4*, in welch letzteren das Gewölbe durch die Mauerfüße unterfangen wird. Größere Räume werden nach Fig. 434 ausgeschossen, indem nach Hereingewinnung des oberen Abschnitts durch Erweiterung von der Einbruchstrecke q_1 aus und nach Herstellung des

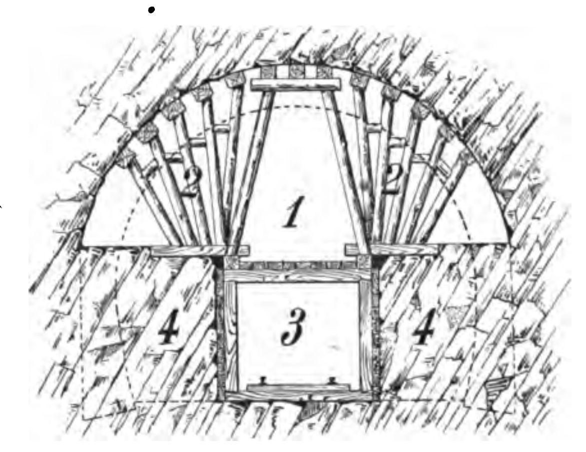


Fig. 433. Ausschießen größerer Räume in einzelnen Abschnitten, in der Reihenfolge von oben nach unten.

Firstengewölbes der untere Teil des Querschnitts absatzweise hereingewonnen wird. — Die Bergeförderung nach dem Querschlage q hin erfolgt durch ein Rollloch r, das auch geneigt hergestellt werden kann.

Das Verfahren bietet den Vorteil, daß die stets in erster Linie gefahrdrohende Firste gleich zu Anfang durch den endgültigen Ausbau

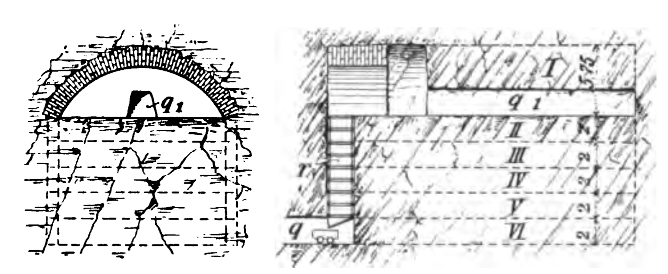


Fig. 434. Ausschießen größerer Räume in einzelnen Scheiben, in der Reihenfolge von oben nach unten.

abgefangen wird. Anderseits erfordert es eine umständlichere Bergeförderung.

Die Gewinnung des unteren Teils vor dem oberen (Verfahren 6) ermöglicht eine einfache Abförderung der Berge. Die Hauer stehen stets auf dem hereingeschossenen Haufwerk. Ein Abfangen von Mauerwerk ist nicht erforderlich, da das Firstengewölbe nur auf die Seitenmauern

gesetzt zu werden braucht. Jedoch kommt dieses Vorgehen, da längere Zeit unter überhängender Firste gearbeitet werden muß, für gebräches Gebirge nicht in Betracht.

Das Verfahren 7 (Fig. 435) kommt bei schlechtem Gebirge zur Anwendung, wo das Bestreben in erster Linie darauf gerichtet ist, zunächst die ganze äußere Begrenzung des Raumes gegen den Gebirgsdruck sicher zu stellen. Es wird dadurch eingeleitet, daß von dem Querschlage *f* aus an der Umfassungslinie entlang die Gesteinstrecken *a b c d* aufgefahren werden. Diese werden darauf nach oben hin absatzweise immer weiter nachgerissen, damit dann unter der Firste die Verbindung zwischen beiden Seiten hergestellt und darauf die Mauerung eingebracht werden kann. Ist das Gebirge sehr unzuverlässig, so erfolgt das Nachschießen nach oben hin auf die ganze Höhe gleichzeitig, mit firstenbauartiger Abtreppung der beiderseitigen Stöße und unter unmittelbar nachfolgender Herstellung der Mauerung; sonst hilft man sich bis zum Einbringen der letzteren durch vorläufiges Abspreizen der Stöße und der Firste gegen den einstweilen stehen bleibenden Gebirgskern. Der letztere wird nachher durch Firsten- oder Strossenbau hereingewonnen, wobei in der Nähe der fertigen Mauerung zu deren Schonung nur kleine Schüsse abgetan werden dürfen.

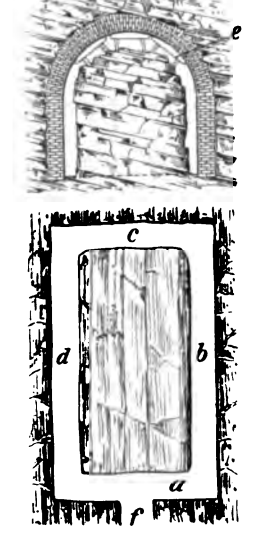


Fig. 435. Herstellung großer Räume mit vorläufigem Anstehenlassen eines Gesteinkerns.

Werden mehretagige Füllörter für große Förderungen in dieser letzteren Weise hergestellt, so muß beim Mauern Vorsorge für den späteren Einbau der schweren und dicht zu legenden Holz- oder Eisenträger mit genügender Auflagefläche getroffen worden, da dieser einstweilen durch den Gesteinkern verhindert wird. Man legt dann zweckmäßig bei der Hochführung der Stoßmauern Hölzer von genügender Stärke an den entsprechenden Stellen ein, die nach Gewinnung des Kerns herausgerissen werden, um den Trägern Platz zu machen.

Fünfter Abschnitt.

Grubenbewetterung.

I. Einleitende Bemerkungen.

1. — Begriff der Ausdrücke „Wetter“ und „Grubenbewetterung.“ Mit dem Ausdrucke „Wetter“ werden die in der Grube vorkommenden Gasgemische ohne Rücksicht auf ihre Zusammensetzung bezeichnet. Wenn die Wetter annähernd wie die atmosphärische Luft zusammengesetzt und deshalb für die Atmung gut geeignet sind, so sprechen wir von frischen oder guten Wettern. Sind die Wetter zufolge ihrer Zusammensetzung nicht oder doch nur schlecht geeignet, die regelmäßige Atmung zu unterhalten, so heißen sie matte oder stickende Wetter. Führen sie giftige Beimengungen, so werden sie böse oder giftige Wetter genannt. Besitzen sie infolge Auftretens brennbarer Gase die Eigenschaft der Explosionsfähigkeit, so nennt der Bergmann sie wegen der Ähnlichkeit der Explosionswirkung mit einem Luftschlage schlagende Wetter.

Unter „Grubenbewetterung“ versteht man die planmäßige Versorgung der Grubenbaue mit frischer Luft. Man begreift darunter im weiteren Sinne aber ferner die Bekämpfung von allzuhohen Gebirgstemperaturen und die Maßnahmen gegen Grubenbrände und Explosionen. In ähnlichem Sinne gebraucht man auch die Ausdrücke „Wetterwirtschaft“, „Wetterversorgung“ oder „Wetterführung“.

2. — Zweck der Grubenbewetterung. Der Zweck der Grubenbewetterung ist hauptsächlich:

1. den in der Grube befindlichen Menschen und Tieren die zum Atmen und dem Geleuchte die zum Brennen erforderliche Luft zuzuführen;
2. die in der Grube auftretenden matten, giftigen oder schlagenden Wetter bis zum Maße der Unschädlichkeit zu verdünnen und fortzuspülen;
3. in tiefen Gruben die Temperatur herabzukühlen.

3. — Luftbedarf für die Atmung. Der Mensch macht in der Ruhe etwa 10—15 Atemzüge in der Minute und atmet in dieser Zeit ungefähr 5—7 l Luft ein und aus. Bei der Arbeit und in Bewegung erhöht sich die Zahl und Tiefe der Atemzüge, so daß ein fleißig arbeitender Mann bis zu 20 l minutlich ein- und ausatmen kann. Bei besonders schwerer Arbeit kann für kurze Zeit der Luftbedarf sogar bis auf 40 l in der Minute steigen. Eine solche Luftmenge würde für die Atmung sicher genügen, wenn es gelänge, sie stets als frische Luft bis zu den Atmungs-

werkzeugen des Mannes heranzubringen. 1 cbm in der Minute würde alsdann für mindestens 25 Mann ausreichen.

Da aber die ausgeatmete Luft nicht von der einzuatmenden getrennt gehalten werden kann, vielmehr eine fortwährende Mischung der ausgeatmeten, verbrauchten Luft und der frischen Luft stattfindet, muß die für einen Arbeiter zuzuführende frische Luft erheblich mehr als 40 l minutlich betragen. Die Praxis hat gelehrt, daß in solchen Gruben, wo keine anderen Gründe der Wetterverschlechterung vorhanden sind, mindestens etwa 750 l, also $^3/_4$ cbm je Kopf und Minute zugeführt werden müssen, wobei das Geleucht des Mannes mit gespeist wird. Besser ist mit Rücksicht auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Belegschaft freilich, wenn man auch unter den genannten günstigen Umständen 1—2 cbm vorsieht. Für Kasernen pflegt man $^1/_2$ cbm auf den Kopf und die Minute, für Theater und Konzertsäle $^2/_3$, für Werkstätten 1 und für Krankensäle 1—2 cbm zu rechnen.

Ein Pferd braucht etwa 5mal so viel Luft als ein Mensch.

4. — **Auftreten und Beseitigung nicht atembarer Gase in den Grubenwettern.** Die atmosphärische Luft, die wir in die Grube führen, behält ihre ursprüngliche Zusammensetzung und Reinheit nicht bei. Schon durch das Atmen der Menschen und Tiere und durch das Brennen der Lampen wird die Luft verschlechtert. Noch erheblicher aber ändert sich auch sonst häufig die Luftzusammensetzung in der Grube nach der ungünstigen Seite hin. Es geschieht dies, wie wir weiter unten sehen werden, durch Fäulnis und Zersetzung von Holz, Kohle, sonstigen organischen Stoffen oder Mineralien (z. B. von Schwefelkies), durch Ausströmung von Gasen aus dem Nebengestein, der Kohle oder dem Grubenwasser, durch Grubenbrand, Kohlenstaub- oder Schlagwetterexplosionen oder durch andere, gelegentliche Ursachen.

Die Beseitigung aller für die Atmung ungeeigneten oder schädlichen Wetter geschieht stets durch eine bis zur Unschädlichkeit gehende Verdünnung mit frischer Luft und darauf erfolgende Abführung. Andere brauchbare Mittel gibt es hierfür nicht.

5. — **Abkühlung der Grubenbaue. Geothermische Tiefenstufe.** Das Bedürfnis, die Grubenbaue durch die Bewetterung abzukühlen, liegt nicht in allen Fällen vor, da die in geringen Teufen bauenden Gruben einer künstlichen Abkühlung nicht bedürfen. Wohl aber macht sich dieses Bedürfnis für tiefe Gruben geltend, in denen die starke Wärmezunahme nach der Teufe zu einen regelrechten Betrieb erschweren oder ganz verhindern kann.

Die Temperatur der äußersten, festen Erdrinde (Erdoberfläche) ist je nach dem Klima der Gegend, nach Tages- und Jahreszeit verschieden und wechselt mit der Temperatur der Tagesluft. Dringt man nur wenige Dezimeter weit in die Erdrinde ein, so werden bereits die Schwankungen der Tagestemperatur verschwinden. Wohl aber werden sich hier noch die monatlichen Temperaturschwankungen geltend machen. In etwas größerer Teufe werden auch diese Schwankungen und schließlich selbst die Schwankungen der Jahrestemperatur nicht mehr merkbar sein.

Die Tiefe, in der die Schwankungen der Jahrestemperatur völlig ohne Einfluß auf die Gebirgstemperatur bleiben, liegt in unserer Gegend

etwa 25 m unter der Erdoberfläche. Wir haben hier die Tiefe der konstanten Temperatur erreicht. Man nennt sie auch wohl die „neutrale Zone". Die Temperatur in dieser Tiefe beträgt bei uns 9° C. und entspricht der durchschnittlichen Jahrestemperatur über Tage.

Dringt man tiefer in die Erdrinde ein, so nimmt nach allen bisherigen Feststellungen die Temperatur der Gebirgsschichten dauernd, und zwar mehr oder weniger regelmäßig, zu. Beim Bergbau selbst und in Tiefbohrlöchern hat man gefunden, daß durchschnittlich die Temperaturzunahme für je 35 m Teufe 1° C. beträgt. Die Temperaturzunahme um je 1° C. bildet also Stufen, deren Entfernung voneinander 35 m ist. Man nennt diese Entfernung die geothermische Tiefenstufe (Erdwärmentiefenstufe).

6. — **Unregelmäßigkeiten der geothermischen Tiefenstufe.** Die Wärmeverhältnisse der Erdrinde hängen zum Teil aber auch von den örtlichen Bedingungen ab. Namentlich sind die jeweilige Oberflächengestaltung, das Auftreten kalter oder heißer Quellen, die Wärmeleitungsfähigkeit des Gebirges und die chemischen Vorgänge bei der Mineral- und Gebirgsbildung von Einfluß. Nicht in allen Gegenden und in jedem Gebirge besitzt deshalb die geothermische Tiefenstufe das angegebene Maß. Es entspricht etwa den Erfahrungen, die man in Deutschland und insbesondere in den tiefsten daselbst niedergebrachten Tiefbohrlöchern (bei Sperenberg: 1173 m, bei Schladebach: 1748 m, bei Paruschowitz: 2003 m) gemacht hat. Für die Kupfererzgruben am oberen See in Nordamerika wird dagegen die geothermische Tiefenstufe auf 122,73 m und für die Goldgruben in Transvaal auf 114,2 m angegeben. Wenn man im ersteren Falle annehmen kann, daß die Wasser des tiefen Sees ihre abkühlende Wirkung auf das Gebirge ausgeübt haben, so liegt der Grund bei den Goldgruben Transvaals nicht klar zutage. In den Goldbergwerken Australiens beträgt die geothermische Tiefenstufe wieder nur 33,5 m.

Im eigentlichen Steinkohlengebirge findet sich manchmal gegenüber dem Durchschnitt eine geringere geothermische Tiefenstufe. Für einzelne Saarbrücker Gruben ist sie z. B. auf nur 21,7 m berechnet. Es hängt dies wohl damit zusammen, daß bei der Verkohlung der Flöze (siehe oben S. 45) eine gewisse Temperaturerhöhung eintritt, die nicht immer durch hinreichende Ableitung der Wärme zum Verschwinden gebracht wird.

7. — **Verhältnisse im Ruhrbezirk.** Im rheinisch-westfälischen Kohlenbezirke findet man, daß bei gleicher Teufe die Temperatur in dem vom Mergel überlagerten Steinkohlengebirge höher als im mergelfreien Gebiete ist. Man kann annehmen, daß je 100 m Mergeldecke über dem Steinkohlengebirge in der Gebirgstemperatur ein Mehr von 3° C. im Gefolge haben. Man würde also bei 200 m Mergeldecke und 375 m Teufe eine Temperatur von

$$6 + 9 + 10 = 25^{0}\text{ C.}$$

und bei 725 m Teufe von

$$6 + 9 + 20 = 35^{0}\text{ C.}$$

zu erwarten haben, wobei auf die Wirkung der Mergeldecke 6, auf die Ausgangstemperatur in 25 m Teufe 9 und auf die für je 35 m betragende Temperaturzunahme 10 bezw. 20° C. in Rechnung gestellt sind.

8. — Selbsterhitzung der Kohlenflöze. Warme Quellen. Nicht immer ist es nur die Eigenwärme des Gebirges, die der Bergmann zu bekämpfen hat. Manche Steinkohlenflöze neigen (ähnlich wie zu Haufen zusammengebrachtes nasses Heu) zur Selbsterhitzung, die unter Umständen auch zu Grubenbrand führen kann. Die Selbsterhitzung ist auf die chemische Einwirkung des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs auf hierfür besonders empfängliche Kohle zurückzuführen. Infolge der Selbsterhitzung sind die Baue auf manchen Gruben bezw. auf manchen Flözen wärmer, als zu erwarten steht.

Bisweilen werden mit den Grubenbauen auch warme Quellen angefahren. Das aus größeren Teufen stammende warme Wasser kann der Grube ununterbrochen neue Wärmemengen zuführen. Wo es sich machen läßt, sucht man zweckmäßig diese warmen Wasser in isolierten Leitungen zu fassen und darin dem Pumpensumpfe zuzuführen. Es kann so gelingen, den größten Teil der im Wasser aufgespeicherten Wärme von den eigentlichen Grubenbauen fernzuhalten.

Wo aber, sei es durch die Gebirgstemperatur oder durch die Selbsterhitzung der Kohle oder durch heiße Quellen, eine unerwünschte Erwärmung der Grubenbaue Platz greift, da kann nur eine entsprechend kräftige Wetterführung Abhilfe schaffen.

9. — Wetterbedarf. Welcher von den vorgenannten 3 Hauptzwecken der Wetterführung der wichtigste ist und die übrigen an Bedeutung überragt, läßt sich von vornherein nicht sagen. Auf Salz- und Erzgruben, wo eine bedeutendere Verschlechterung der Wetter auf anderem Wege als durch das Atmen der Menschen und Tiere und durch das Brennen der Lampen nicht zu erwarten ist, wird die Wetterführung genug getan haben, wenn der unter 1. genannte Zweck überall sichergestellt ist. 1—2 cbm frische Wetter minutlich je Kopf der Belegschaft können hier genügen. In Schlagwettergruben ist gewöhnlich die völlige Beseitigung der Schlagwettergefahr der wichtigere Teil der Aufgabe und bestimmt die Größe der erforderlichen Wetterzufuhr. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund werden in Rücksicht auf diese Gefahr in der Regel 3 cbm je Kopf der Belegschaft gefordert. Wo die Schlagwettergefahr groß ist oder wo es sich um heiße Baue handelt, werden sogar bis zu 10 cbm Wetter auf den Kopf in die Grube geleitet.

II. Die Grubenwetter.

Die atmosphärische Luft und deren Bestandteile.

10. — Allgemeines. Die atmosphärische Luft, die wir in die Grube führen, besitzt in ihren Hauptbestandteilen an den verschiedensten Punkten der Erde eine außerordentlich gleichförmige Zusammensetzung und besteht im wesentlichen aus 21 Raumteilen Sauerstoff und 79 Raumteilen Stickstoff.

Außerdem ist in der atmosphärischen Luft stets Kohlensäure und Wasserdampf enthalten. Der Kohlensäuregehalt kann auf durchschnittlich $0{,}04 = {}^{1}/_{25}\,{}^{0}/_{0}$ angenommen werden. Der Gehalt an Wasserdampf wechselt stark. Näheres folgt darüber unter „Wasserdampf" S. 441 ff.

Neuerdings sind in der Luft mehrere früher unbekannte Gase, z. B. Argon, Helium, Metargon, Neon, Krypton, Xenon entdeckt worden. Der Gehalt an Argon beträgt 0,935 $^0/_0$, der an den übrigen genannten Gasen ist bedeutend geringer. Alle diese Gase sind in ihrem Verhalten und ihrer chemischen Trägheit dem Stickstoff sehr ähnlich, dem sie bisher zugezählt wurden. Sie spielen neben diesem keinerlei selbständige Rolle.

In unwesentlichen Spuren können in der Luft ferner Ammoniak, Ozon und Wasserstoffsuperoxyd vorhanden sein.

Luft dehnt sich beim Erwärmen wie alle Gase um $^1/_{273}$ ihres Volumens bei 0° C. aus. Es gilt für sie das Gay-Lussac-Mariottesche Gesetz. Bei 0° und 760 mm Druck ist Luft 773 mal leichter als Wasser von 4°; 1 cbm trockener Luft wiegt unter diesen Verhältnissen 1,293 kg.

Für die spezifischen Gewichte der Gase wird das Gewicht der trockenen Luft bei 0° und 760 mm Druck als Einheit benutzt.

Als regelmäßige Bestandteile der atmosphärischen Luft bedürfen die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Gase einer besonderen Besprechung.

11. — **Sauerstoff.** Der Sauerstoff (*O*), Atomgewicht 16, hat im Vergleich zur Luft ein spezifisches Gewicht von 1,1. 1 cbm wiegt bei 0° und 760 mm Druck 1,42 kg. Er ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas.

Sauerstoff ist der Wärme und Licht spendende, das Leben erhaltende Bestandteil der atmosphärischen Luft. Seine Nutzbarkeit beruht darauf, daß er sich leicht mit vielen anderen Körpern unter Wärmeentwickelung verbindet. Diese Verbindung kann langsam und für das Auge kaum merkbar vor sich gehen (wir sprechen dann von Oxydation oder unter Umständen von Rosten) oder lebhaft unter Flammenerscheinung (wir nennen dies Brennen) oder plötzlich in sehr kurzer Zeit unter starker Hitzeentwickelung (wofür wir den Ausdruck Explosion gebrauchen). Bei der langsamen Oxydation wird ebenso wie beim Brennen oder der Explosion eine gewisse Wärmemenge frei, deren Größe lediglich von Gewicht und Art der die Verbindung eingehenden Bestandteile und der neu entstandenen Sauerstoffverbindungen, nicht von der Schnelligkeit des chemischen Vorgangs abhängt.

In der Grube findet ein lebhafter Verbrauch an Sauerstoff durch die Atmung der Menschen und Tiere, durch das Brennen der Lampen, durch Faulen von Grubenholz und durch allmähliche Oxydation von Kohle und Schwefelkies statt.

Beim Atmen gelangt der Sauerstoff der Luft in die Lunge, wo er in das Blut eindringt und sich lose mit den roten Blutkörperchen verbindet. Von diesen wird er auf dem Kreislaufe des Blutes in den Körper getragen. In den Geweben des Körpers verbindet sich der Sauerstoff unter Bildung von Kohlensäure mit Kohlenstoff, so daß sodann das Blut mit Kohlensäure geschwängert nach der Lunge zurückkehrt. Hier wird die gebildete Kohlensäure wieder ausgeschieden, um mit der Ausatmungsluft aus dem menschlichen Körper zu entweichen. Die Körperwärme wird also durch Oxydation von Kohlenstoff unterhalten, und mit jedem Atemzuge verliert der Mensch Kohlenstoff, der durch Zufuhr von Speisen oder geeigneten Getränken wieder ersetzt werden muß. Der Körper gewinnt dafür an

Wärme, und zwar genau ebensoviel, als der Verbrennung einer gleich großen Kohlenstoffmenge im Feuer entsprechen würde.

In der ausgeatmeten Luft ist durchaus nicht aller Sauerstoff verbraucht, vielmehr enthält diese hiervon noch 17 %. Nur 4 % sind durch Kohlensäure ersetzt, so daß also die Zusammensetzung der Ausatmungsluft auf rund

79 % Stickstoff,
17 „ Sauerstoff,
4 „ Kohlensäure

anzunehmen ist. Derartige Luft ist für die weitere Atmung ungeeignet, so daß der Mensch bei längerem Verweilen darin bewußtlos wird und schließlich in Todesgefahr kommt. Der Mensch geht in solcher Luft an Sauerstoffmangel zugrunde, ähnlich wie ein Licht oder Feuer erlischt, dem nicht der erforderliche Sauerstoff in der Verbrennungsluft zugeführt wird.

Daß der Sauerstoffmangel in erster Linie maßgebend ist, geht daraus hervor, daß Grubenwetter unter Umständen einen höheren Kohlensäuregehalt, als oben angegeben ist, haben und dennoch für die Atmung brauchbar sein können. Ist z. B. die Kohlensäure nicht durch Atmung entstanden, sondern durch Ausströmen aus dem Gestein oder dem alten Mann in die Grubenwetter gelangt, so können diese wie folgt zusammengesetzt sein:

5 % Kohlensäure,
75 „ Stickstoff,
20 „ Sauerstoff.

Solche Wetter sind weit besser atembar als gewöhnliche Ausatmungsluft, weil das Verhältnis des Sauerstoffs zu den unatembaren Gasen (Stickstoff und Kohlensäure) sich wesentlich günstiger stellt.

Bei welchem Sauerstoffgehalt der Mensch noch leben kann, hängt hauptsächlich von diesem Verhältnis, sodann aber auch davon ab, ob der Mensch sich in Ruhe befindet, sich bewegt oder Arbeit verrichtet. Der ruhende Mensch kommt mit wesentlich weniger Sauerstoff als derjenige aus, der Arbeit leistet.

Für den Bergmann ist wichtig zu wissen, daß der Mensch in einer Luft, in der die Grubenlampe bereits erlischt, zwar noch leben kann, daß aber dann auch die Gefahr für ihn beginnt. Ist die Lampe erloschen, so fehlt jedes Maß dafür, ob eine weitere Verschlechterung der Luftzusammensetzung eintritt. Deshalb ist der Aufenthalt in Räumen, in denen die Lampe nicht mehr brennen will, stets gefährlich. Das Arbeiten an Orten, die wegen des schlechten Brennens der Lampen aus einer gewissen Entfernung beleuchtet werden, ist streng zu verbieten. Daher ist es auch ein erheblicher Nachteil der elektrischen Lampen, daß sie in bezug auf die Luftbeschaffenheit nicht warnen. (Siehe auch S. 569 Ziff. 185).

In Fäulnis begriffenes Holz nimmt aus der Luft Sauerstoff auf. Das Holz, das selbst aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, zerfällt dabei in die gasförmige Kohlensäure und in Wasser. Dieser Vorgang wird durch Pilzbildungen, wie sie sich häufig bei mit Feuchtigkeit gesättigter Luft an Grubenholz finden, beschleunigt.

Auch die Kohle selbst unterliegt den Einwirkungen des Sauerstoffs. Er haftet an deren Oberfläche (Adsorption) und dringt in die Poren ein. Dabei findet eine langsame Verbindung zwischen ihm und der Kohle unter Entwickelung von Kohlensäure statt. Die Neigung der verschiedenen Steinkohlen zur Verbindung mit dem Sauerstoff ist verschieden groß. Mürbe, weiche und poröse Kohle verschluckt mehr Sauerstoff als feste und harte, Feinkohle mehr als Stückkohle. Flöze, die viel Schwefelkies führen, pflegen der Einwirkung des Sauerstoffs besonders ausgesetzt zu sein, da Schwefelkies selbst durch den Sauerstoff zu schwefelsaurem Eisen umgewandelt wird und hierbei eine Volumenvermehrung eintritt, die die Kohle auseinandertreibt und dem Sauerstoff neue Wege zum Eindringen in die Kohle eröffnet.

Auf Steinkohlengruben pflegt der Sauerstoffverbrauch infolge der Oxydation der Kohle und des Holzes wesentlich größer als derjenige durch das Atmen der Menschen und Tiere zu sein. Man hat z. B. für die Saarbrücker Gruben berechnet, daß $^{16}/_{17}$ der ganzen verbrauchten Sauerstoffmenge auf Rechnung der Oxydation der Kohle und des Holzes zu setzen sind und nur $^{1}/_{17}$ auf diejenige der Atmung von Menschen und Pferden.

Die ursprünglich in der Luft vorhandene Sauerstoffmenge wird somit auf dem Wege durch die Grube zwar allmählich, aber ununterbrochen vermindert. Da anderseits die Grubenwetter durch sonstige für die Atmung nicht nutzbare Gase vermehrt werden, muß der Prozentgehalt an Sauerstoff im ausziehenden Wetterstrom stets geringer als im einziehenden sein. In der Regel bewegt sich der Sauerstoffgehalt der ausziehenden Wetter zwischen 20 und 21 %. Wetter mit einem auf 19—20 % verminderten Sauerstoffgehalte werden bereits als recht matt empfunden.

12. — **Stickstoff.** Der Stickstoff (N), Atomgewicht 14, hat ein spezifisches Gewicht von 0,97. 1 cbm wiegt bei 0 ° C. und 760 mm Druck 1,255 kg. Er ist farb-, geruch- und geschmacklos.

Stickstoff ist insofern ein außerordentlich träges Gas, als er ohne chemische Wirkung auf Menschen bei der Atmung bleibt und überhaupt nur schwer chemische Verbindungen eingeht.

Stickstoff findet sich in den Poren einzelner Steinkohlenflöze eingeschlossen und strömt unter Umständen aus diesen aus. Im Ruhrbezirke tritt er jedoch nur selten und in geringen Mengen auf. In Oberschlesien und in Mährisch-Schlesien ist er häufiger. In letzterem Bezirke enthalten die in den Kohlen eingeschlossenen Gase in einzelnen Fällen neben Grubengas und Kohlensäure 30—40 % Stickstoff. Infolge dieses Vorkommens in der Kohle ist Stickstoff in manchen Bläsergasen (siehe S. 458) zu finden.

In Belgien und Frankreich sind auch einige bedeutendere Ausbrüche von Stickstoff aus Hohlräumen und Poren des Nebengesteins bekannt geworden.

Schließlich führen die Nachschwaden der meisten Sprengstoffe Stickstoff, wie aus der Tabelle auf S. 167 hervorgeht.

13. — **Wasserdampf. Allgemeines.** Der Wasserdampf (H_2O), spezifisches Gewicht 0,62, spielt in den Grubenwettern eine besonders wichtige Rolle.

In einem allseitig geschlossenen, mit trockener Luft erfüllten Gefäß wird eingebrachtes Wasser alsbald bis zu einem gewissen Grade verdampfen. Da Wasserdampf wie jeder Körper Raum einnimmt, so wird in dem geschlossenen Gefäße eine Drucksteigerung eintreten müssen. Den Gasdruck, den der Wasserdampf so erzeugt, nennen wir seine Spannung.

Würde das Gefäß nachgiebige Wände besitzen, die bei jeder Druckänderung sich entsprechend verschieben, so würden wir infolge der Verdunstung des Wassers eine Vergrößerung des Gasvolumens feststellen können.

In dem gedachten geschlossenen Raume kann aber nicht beliebig viel Wasser verdunsten. Die Verdunstungsfähigkeit hängt von der im Raume herrschenden Temperatur, und zwar nur von der Temperatur, ab.

Wenn die Luft mit Wasserdampf voll gesättigt ist, so enthält 1 cbm:

bei — 15 °	. . . 1,5 g	Wasserdampf	mit	1,4	mm	Spannung.[1])
„ — 10 °	. . . 2,2 „	„	„	2,1	„	„
„ — 5 °	. . . 3,2 „	„	„	3,1	„	„
„ + 0 °	. . . 4,7 „	„	„	4,6	„	„
„ + 5 °	. . . 6,6 „	„	„	6,5	„	„
„ + 10 °	. . . 9,1 „	„	„	9,2	„	„
„ + 15 °	. . . 12,5 „	„	„	12,7	„	„
„ + 20 °	. . . 16,9 „	„	„	17,4	„	„
„ + 25 °	. . . 22,5 „	„	„	23,6	„	„
„ + 30 °	. . . 29,8 „	„	„	31,6	„	„
„ + 35 °	. . . 38,9 „	„	„	41,8	„	„
„ + 40 °	. . . 50,4 „	„	„	54,9	„	„

Die atmosphärische Luft ist nur selten voll mit Feuchtigkeit gesättigt. Der Grad der Sättigung ist an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden. Bei uns pflegt der Sättigungsgrad im Jahresdurchschnitt 75 % des vollen zu betragen.

Bei anfänglich nur teilweiser Sättigung der Luft steigt der Sättigungsgrad durch Abkühlung. Ist völlige Sättigung erreicht, so schlägt bei weiterer Abkühlung der Wasserdampf sich in Form von Nebel oder in Form von Wasserperlen an den Wänden oder kalten Flächen nieder (Taupunkt). Wird dagegen gesättigte Luft erwärmt, so verliert sie hierdurch ihre Sättigung und wird fähig, weitere Wasserdampfmengen aufzunehmen.

14. — **Messung des Sättigungsgrades.** Den Sättigungsgrad der Luft kann man durch Hygrometer messen. Da solche Instrumente empfindlich und ungenau sind, ist die Benutzung von Schleuderthermometern für den fraglichen Zweck mehr empfehlenswert. Man stellt zunächst mittels eines Thermometers in seinem gewöhnlichen Zustande — also trocken — die Temperatur an dem betreffenden Orte fest. Alsdann wird die Temperatur mit einem Thermometer gemessen, dessen Quecksilberkugel mit einem nassen Leinwandläppchen umwickelt ist. Die Messung erfolgt aber erst, nachdem man das Thermometer an einer Schnur im Kreise herumgeschleudert hat. Ist die Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt, so kühlen Leinwandläppchen und Quecksilberkugel infolge Ver-

[1]) Quecksilbersäule.

dunstung von Wasser bis zu einem gewissen Grade ab, so daß man nach 2—3 Minuten an dem nassen Thermometer eine tiefere Temperatur als an dem trockenen abliest. Je größer die Trockenheit der Luft ist, um so lebhafter ist die Verdunstung und um so stärker die Abkühlung des nassen Thermometers.

Ist die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, so zeigen beide Thermometer die gleiche Temperatur an.

Die bei der jeweiligen Temperatur gefundene Temperaturdifferenz zwischen dem trockenen und nassen Thermometer gestattet ohne weiteres einen Rückschluß auf den Sättigungsgrad der Luft, wenn man die hierfür aufgestellten Tabellen benutzt. Die folgende Tabelle wird für Messungen in hiesigen Gruben genügen:

Das trockene Thermometer zeigt	Das nasse Thermometer zeigt weniger:							
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
	Sättigungsgrad in Prozenten							
0	100	81	63	46	28	12	—	—
5	100	86	72	58	45	32	19	6
10	100	88	76	65	54	44	34	24
15	100	90	80	70	61	52	44	36
20	100	91	83	74	66	59	51	44
25	100	92	84	77	70	63	57	50
30	100	93	86	79	73	67	61	55

Durch Interpolieren lassen sich die Zahlen für die zwischen den einzelnen Stufen nicht aufgeführten Thermometergrade leicht ermitteln.

15. — Sättigungsgrad des Wetterstromes in der Grube. Der Sättigungsgrad der Wetter in der Grube kann sehr verschieden groß sein. Er hängt zunächst von Temperatur und Feuchtigkeit der Tagesluft, sodann von den Temperaturverhältnissen unter Tage und der jeweilig vorhandenen Grubenfeuchtigkeit ab.

Die meisten Gruben sind mehr oder weniger feucht, so daß gewöhnlich Gelegenheit zur Verdunstung von Wasser und zur Steigerung des Wasserdampfgehaltes in den Grubenwettern vorhanden ist. Es braucht dies aber nicht notwendig mit einer Erhöhung des Sättigungsgrades der Luft verbunden zu sein, nämlich dann nicht, wenn eine lebhafte Erwärmung oder Temperatursteigerung der Wetter stattfindet. Die Temperatur des Wetterstromes pflegt bei tieferen Gruben im Schachte und in den Querschlägen langsam, in den Abbauen schnell zu steigen. Häufig hält die Aufnahme neuen Wasserdampfes nicht gleichen Schritt mit dieser Temperatursteigerung, so daß der Sättigungsgrad in einzelnen Teilen des Grubengebäudes sogar zurückgehen kann. Erreicht der Wetterstrom allerdings die höheren, kühleren Sohlen, so wird der Sättigungsgrad schnell steigen. Spätestens im ausziehenden Schachte wird in der Regel die Abkühlung so weit vorgeschritten sein, daß der volle Sättigungsgrad erreicht wird und Nebelbildung eintritt (Regnen der Schächte). Kühlt sich die Luft in

einem ausziehenden Schachte z. B. von 25° auf 20° ab, so werden nach der Tabelle auf S. 442 5,6 g aus 1 cbm Luft als Regen niederfallen.

Die vielfach herrschende Annahme, daß die Grubenwetter mit Feuchtigkeit voll gesättigt sind, pflegt also nur für den ausziehenden Strom, dagegen nicht allgemein für die sonstigen Grubenbaue zutreffend zu sein.

16. — **Wirkungen infolge des verschiedenen Sättigungsgrades.** Je nach seinem Sättigungsgrade wirkt der Strom in der Grube entweder trocknend oder nässend.

Für das Wohlbehagen und die Arbeitsfähigkeit des Menschen ist ein trocknend wirkender Wetterstrom erwünscht. Sind die Wetter bereits voll mit Feuchtigkeit gesättigt, so verdunstet der Schweiß des Arbeiters nicht mehr, und es fällt die mit der Schweißverdunstung verbundene Abkühlung fort.

In der Nähe von Grubenbränden hat man bisweilen Arbeiten an Punkten verrichten lassen müssen, wo eine Temperatur von 60—80° C. herrschte.[1]) Bei solcher Temperatur ist es immerhin möglich, noch einige Minuten zu arbeiten, wofern die Luft trocken ist. Ist sie aber mit Feuchtigkeit gesättigt, so ist die Arbeit schon bei 30° angreifend und bei 35—40° unerträglich. Es tritt alsdann im menschlichen Körper, der selbst eine Temperatur von 36—38° C. besitzt, eine das Leben gefährdende „Wärmestauung" ein.

Pferde scheinen feuchte Wärme noch schlechter als Menschen vertragen zu können und sind schon bei 32° C. in feuchter Luft geringen Anstrengungen erlegen.

In einem nässend wirkenden Strome fault das Grubenholz besonders leicht, und es treten daran Pilzbildungen auf, die unter der ständigen Durchfeuchtung mit Wasserdampf schnell wachsen und wuchern können. Bisweilen kommt es vor, daß der Wetterstrom umgestellt wird und nun ein trocknender Strom statt eines nässenden die Strecke bestreicht. Binnen wenigen Tagen sind dann die Pilzbildungen ohne weiteres Zutun verschwunden.

Auch die Wurmkrankheit (Ankylostomiasis) wird in einem nässend wirkenden Wetterstrom einen besseren Nährboden finden als in einem trocknenden.

17. — **Austrocknung des Grubengebäudes.** Fassen wir die Wirkung des Wetterstroms auf die Grube insgesamt ins Auge, so sehen wir, daß in den meisten Fällen eine nicht unbeträchtliche Wasserentziehung die Folge der Wetterführung ist. Es soll angenommen werden, daß die Luft mit der durchschnittlichen Jahrestemperatur — das sind 9° C. — und 75 % Sättigung in die Grube tritt und diese voll gesättigt mit 20° C. verläßt. Es enthält dann der einziehende Strom in einem Kubikmeter 6,45 g Wasser, der ausziehende dagegen 16,9 g, so daß jeder Kubikmeter Luft 10,45 g Wasser aus der Grube führt. Bei 4800 cbm in der Minute sind dies rd. 50 kg oder stündlich bereits 3 t und täglich sogar 72 t oder ebensoviele Kubikmeter.

[1]) Evrard, Traité pratique de l'exploitation des mines 1888, Bd. II, S. 393.

Im Winter ist die Austrocknung der Grube durch den Wetterstrom stärker als im Sommer, weil die Luft infolge der tieferen Temperatur mit weniger Wasserdampf beladen als im Sommer in die Grube tritt.

Bei tiefen Gruben ist infolge der höheren Gebirgstemperatur die durch die Wetterführung bewirkte Wasserentziehung größer als in flachen Gruben, in denen die Gebirgstemperatur sich mehr der durchschnittlichen Jahrestemperatur nähert. An heißen Tagen kann sogar der Wetterstrom in der Grube eine Abkühlung erfahren und Wasser in der Grube zurücklassen. Einziehende Stollen z. B. pflegen im Sommer neblig zu sein.

Die durch den Wetterstrom bewirkte Austrocknung der Grube vergrößert die Kohlenstaubgefahr, und zwar nach dem Gesagten im Winter mehr als im Sommer und in tiefen Gruben mehr als in flachen. Durch dauernde Berieselung kann man dieser Gefahr entgegenarbeiten, wobei man allerdings oft eine lästige Steigerung des Sättigungsgrades der Luft in Kauf nehmen muß.

18. — Kohlensäure. Allgemeines. Die Kohlensäure (CO_2) besitzt ein spezifisches Gewicht von 1,52. 1 cbm wiegt 1,97 kg. Die Kohlensäure ist ein farb- und geruchloses Gas von schwach säuerlichem Geschmack. Sie ist nicht giftig, sie macht Getränke wohlschmeckend und erfrischend, wirkt aber auf die Atmung immerhin lästiger als z. B. der Stickstoff.

Der Gehalt an Kohlensäure im Wetterstrome nimmt in der Grube fortwährend zu und steigt sehr erheblich über das anfänglich vorhandene Maß von 0,04 %. Nach dem „Sammelwerk“[1]) betrug der Kohlensäuregehalt des ausziehenden Stromes bei 191 überhaupt vorhandenen Schachtanlagen des Ruhrbezirks:

auf 9	selbständigen Schachtanlagen	0,04—0,10 %.
„ 41	„ „	0,10—0,20 „
„ 51	„ „	0,20—0,30 „
„ 42	„ „	0,30—0,40 „
„ 30	„ „	0,40—0,50 „
„ 18	„ „	0,50—0,76 „

Daraus folgt, daß in einzelnen Teilströmen unter Umständen mehr als 1 % CO_2 vorhanden sein wird.

Der Gehalt der Grubenwetter an Kohlensäure wird vermehrt

1. durch das Atmen der Menschen und Tiere,
2. durch das Brennen der Lampen,
3. durch Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Grubenholz und die Kohle in den bewetterten Grubenbauen und im alten Mann,
4. durch Ausströmen von CO_2 aus der Kohle oder dem Nebengestein,
5. durch die Sprengarbeit,
6. durch gelegentliche Ursachen, insbesondere durch: Grubenbrände, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen, Feuerungsanlagen, Lokomotiven.

19. — Kohlensäureerzeugung durch Atmung. Da ein fleißig arbeitender Mann durchschnittlich höchstens 20 l Luft ein- und ausatmet

[1]) Bd. VI. S. 23.

und die ausgeatmete Luft 4 % Kohlensäure enthält, beträgt die Kohlensäureerzeugung eines Arbeiters nicht über 0,8 l in der Minute. Das folgende Beispiel zeigt, daß dies im Verhältnis zu der sonst in der Grube entwickelten Kohlensäure sehr wenig ist.

Auf Zeche Consolidation III/IV wurden eines Tages 3632 cbm ausziehende Wetter mit 0,6 % CO_2 festgestellt. Das macht in der Minute rd. 22000 l CO_2. Die größte Belegschaft betrug 613 Mann, die also höchstens 613 . 0,8 = rd. 500 l CO_2 erzeugten. In der einziehenden Luft waren schon 0,04 % = rd. 1500 l CO_2 enthalten.

In diesem Falle hat die Atmung also, sehr hoch gerechnet, nur 500 l zur Kohlensäurevermehrung beigetragen, während die anderen Quellen zusammen 20000 l, also 40mal soviel geliefert haben. Auch wenn der Kohlensäuregehalt des ausziehenden Stromes nur 0,2—0,3 % betragen hätte, würde der auf die Atmung zurückzuführende Teil der Kohlensäurevermehrung nur sehr gering gewesen sein.

20. — Kohlensäureerzeugung durch Brennen des Geleuchtes. Auch das Geleuchte spielt bezüglich der Kohlensäureentwickelung keine bedeutende Rolle. Eine Benzinsicherheitslampe verbrennt in der 9stündigen Schicht 50 g Benzin, wobei durchschnittlich in der Minute nur 0,15 l CO_2 erzeugt werden.

Wenn eine offene Öllampe auch vielleicht das 2- oder 3fache erzeugt, so bleiben diese Mengen, wie die Zahlen des obigen Beispiels beweisen, ohne Bedeutung.

21. — Kohlensäureerzeugung durch Einwirkung des Luftsauerstoffs auf Holz oder Kohle. Die stärkste Kohlensäurequelle fließt aus der Zersetzung des Holzes und der Kohle. In Fäulnis übergegangenes Holz ist den Angriffen des Sauerstoffs der Luft stark ausgesetzt; ebenso dringt der Sauerstoff, wie schon bei der Besprechung dieses Gases gesagt ist, in die Kohle selbst ein, und zwar um so leichter, je mehr Oberfläche sie bietet. Als Folge ergibt sich eine zwar langsame, aber andauernde Oxydation und Kohlensäurebildung, die nicht nur in den bewetterten Grubenbauen, sondern auch im alten Mann vor sich geht. Sie kann hier sogar besonders lebhaft sein. Denn zurückgebliebene Holz- und Kohlenreste pflegen in Menge vorhanden zu sein. Wegen der fehlenden oder doch ungenügenden Bewetterung und der daraus folgenden unzureichenden Wärmeabfuhr tritt eine gewisse Temperatursteigerung ein; auch sättigt sich die Luft mit Feuchtigkeit; zwei Umstände, die beide die Oxydation begünstigen. Aus dem alten Mann tritt sodann die Kohlensäure durch Diffusion oder infolge Niedergehens des Hangenden in die Grubenbaue über. Auf den Einfluß der Luftdruckschwankungen auf den Übertritt der Gase aus dem alten Mann in die Grubenbaue soll bei Besprechung des Grubengases näher eingegangen werden.

Die lebhafte Kohlensäureentwickelung im alten Mann hat zur Folge, daß gerade solche Gruben einen hohen Kohlensäuregehalt im ausziehenden Wetterstrome aufweisen, die bereits lange Zeit in Betrieb befindlich sind und einen weit ausgedehnten, ungenügend ausgefüllten alten Mann besitzen. Jüngere, noch in Vorrichtung befindliche Gruben sind kohlensäureärmer.

22. — **Ausströmung der Kohlensäure aus dem Gebirge.** Kohlensäure bildet sich auch bei der Zersetzung pflanzlicher oder tierischer Stoffe unter Luftabschluß, also bei dem Vorgange, den wir mit Verkohlung bezeichnen (siehe S. 45, Ziff. 55, Abs. 3). Da die Bedeckung häufig ein Entweichen der bei der Verkohlung sich bildenden Kohlensäure verhindert, werden wir diese in allen Gebirgsschichten antreffen können, in denen pflanzliche oder tierische Reste verkohlt sind. Das sind zunächst die Steinkohlenflöze selbst, sodann aber auch nahezu alle übrigen Gebirgsschichten. Besonders in Braunkohlengruben sind die Kohlenlager mit Kohlensäure geschwängert, so daß auf ein reichliches Ausströmen des Gases in die Grubenbaue zu rechnen ist. In den Steinkohlenflözen ist meistens die Verkohlung bereits weiter fortgeschritten, so daß bei der hier vorliegenden Stufe der Verkohlung der Sauerstoff im wesentlichen bereits verbraucht und der größte Teil der Kohlensäure entwichen ist. Immerhin findet sich auch in den Steinkohlenflözen und in dem begleitenden Nebengestein Kohlensäure stets in mehr oder minder großen Mengen eingeschlossen. Die in Westfalen den Kohlenflözen entströmenden Gase enthalten bis zu einigen Prozenten Kohlensäure. Stärkere Kohlensäureausströmungen sind auf einigen Steinkohlengruben des Königreichs Sachsen und in Belgien bekannt geworden. Derartige Kohlensäureentwickelungen treten bisweilen plötzlich und unvermutet auf, so daß die Belegschaft zurückgezogen werden muß, falls sie nicht in Gefahr kommen soll. Auch auf Salzgruben ist Kohlensäure ein häufig gefundenes Gas. Auf Kalisalzwerken sind sogar plötzliche Kohlensäureausbrüche vorgekommen, die in wenigen Minuten mehrere tausend Kubikmeter Gas geliefert haben. Man ist überhaupt in keinem Gebirge, das Hohlräume besitzt, klüftig oder gasdurchlässig ist, vor Kohlensäure sicher. Häufig entströmt sie unmittelbar dem Erdboden. (Dunsthöhle bei Pyrmont, Hundsgrotte bei Neapel, Tal des Todes in Nordamerika). Die Kohlensäure ist auch in dem in den Gebirgsschichten vorhandenen Wasser enthalten. Das Wasser verschluckt sie um so mehr, je höher sein Druck ist. Fließt nun das Wasser in Grubenbaue und wird so vom Drucke entlastet, so kann die Kohlensäure entweichen.

23. — **Kohlensäureerzeugung bei der Explosion von Sprengstoffen.** Bei der Sprengarbeit entsteht stets Kohlensäure. Z. B. liefern bei der Explosion

1 kg Gelatinedynamit . . . . . 248 l CO_2,
1 „ Schwarzpulver . . . . . . 122 „ „ ,
1 „ Dahmenit A . . . . . . 124 „ „ .

Wenn vor einem Querschlage 20—30 Schuß — das sind vielleicht 4—6 kg Dynamit — gleichzeitig zur Explosion gelangen, so werden die entstehenden Kohlensäuremengen, namentlich im Verein mit den sonstigen Schwaden, vorübergehend wohl lästig fallen können. Für die gesamte Wetterführung der Grube sind aber die Sprenggase ohne Bedeutung, wenn man bedenkt, daß durchschnittlich auf 1000 t Förderung im Ruhrbezirke nur 80 kg Sprengstoffe verbraucht werden und daß 1 kg Sprengstoff insgesamt nur etwa $^1/_2$ cbm unatembare Schwaden liefert.

24. — **Kohlensäureerzeugung durch gelegentliche Ursachen.** Die durch Grubenbrände, Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen und

durch sonstige Ursachen entstehenden Kohlensäuremengen entziehen sich infolge der Unregelmäßigkeit dieser Quellen jeder Rechnung, können aber in einzelnen Fällen außerordentlich beträchtlich sein.

25. — Gefährdung des Betriebes durch Kohlensäure. Die Beseitigung der Kohlensäure stößt im Grubenbetriebe unter Umständen auf Schwierigkeiten. Wegen ihrer Schwere sammelt sie sich vorzugsweise an tief gelegenen Punkten (Schächten, Abhauen, Gesenken, Brunnen) an, von wo aus sie nur langsam mit der darüber stehenden, reineren Luft diffundiert. An tiefen Punkten, wo sich erfahrungsgemäß leicht Kohlensäure ansammelt, ist Vorsicht namentlich dann geboten, wenn die Arbeit vorher längere Zeit geruht hat (z. B. nach Sonntagen), weil bei unbewegter Luft die Diffusion langsamer wirkt. Vor dem Hinabsteigen in solchen Arbeitsort ist eine Probe mit der brennenden Lampe zu machen. Erlischt das Geleucht, so ist selbst bei Rettungsarbeiten jedes weitere Vordringen zu untersagen. Beim Fehlen von sonstigen Bewetterungseinrichtungen muß man alsdann durch Fallenlassen von Wasser aus einer Brause, durch Auf- und Niederbewegen umfangreicher, aber leichter Gegenstände oder durch Wedeln die ruhende Luftsäule in Bewegung zu bringen suchen, um die Wirkung der Diffusion zu beschleunigen. Es wird auch empfohlen, Gefäße mit Kalkmilch oder gebranntem Kalk in mit Kohlensäure erfüllte Räume herabzulassen. Doch wird ein etwaiger Erfolg hierbei nur langsam eintreten.

Sehr häufig sind Rettungsmannschaften durch übereiltes Vorgehen in Abhauen, Gesenken oder Brunnen zu Tode gekommen.

Die sonstigen in Grubenwettern auftretenden Gase.

Wenn die bisher besprochenen Gase bereits sämtlich in der atmosphärischen Luft vorkommen, so gelangen wir jetzt zu denjenigen Gasen, die in der Atmosphäre nicht enthalten sind, wohl aber in den Grubenwettern gelegentlich auftreten oder doch auftreten können. Im Anschluß an die Kohlensäure mag zunächst das Kohlenoxyd genannt sein.

26. — Kohlenoxyd. Allgemeines. Entstehung. Das Kohlenoxyd (CO), spezifisches Gewicht 0,97, wiegt 1,255 kg je Kubikmeter. Es ist die niedrigere, also ungesättigte Oxydationsstufe des Kohlenstoffs. Das Gas ist deshalb brennbar und verbrennt mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure. Im Gemische mit Luft ist es, wie jedes brennbare Gas, explosibel. Kohlenoxyd ist stark giftig. Seine Einwirkung wird noch näher besprochen werden.

Im allgemeinen entsteht Kohlenoxyd, wenn kohlenstoffhaltige Körper ohne genügende Sauerstoffzufuhr verbrennen. In der Grube entsteht Kohlenoxyd in größeren Mengen besonders bei Grubenbrand, da die Luft nur in unvollkommener Weise zu dem Brandherde treten kann. Von hier aus strömt das Kohlenoxyd in die Baue und kann die Grubenwetter in weitem Umkreise giftig und vielleicht sogar explosionsgefährlich machen.

Sodann entsteht bei Kohlenstaubexplosionen Kohlenoxyd, da der Sauerstoff der Luft zur völligen Verbrennung des verfügbaren Kohlenstaubes in der Regel nicht ausreichen wird. Bei reinen Schlagwetterexplosionen, d. h. bei solchen, die ohne Mitwirkung von Kohlenstaub ver-

laufen, wird dagegen niemals Kohlenoxyd gebildet, wie Prof. Dr. Broockmann zu Bochum nachgewiesen hat (vergl. Schlagwetterexplosion S. 463). Es ist aber zu beachten, daß Schlagwetterexplosionen ohne jede Mitwirkung von Kohlenstaub überaus selten vorkommen werden. Bei allen größeren Grubenexplosionen ist die Beteiligung des Kohlenstaubes erwiesen, so daß man in solchen Fällen Kohlenoxyd erwarten muß.

In geringeren Mengen entsteht Kohlenoxyd bei der Explosion gewisser Arten von Sprengstoffen, namentlich von Schwarzpulver und Kohlenkarbonit. 1 kg Kohlenkarbonit (ebenso Wittenberger Wetterdynamit) liefert 210 l Kohlenoxyd und 1 kg Schwarzpulver je nach seiner Zusammensetzung 90—200 l. In Anbetracht der großen, weiter unten noch näher zu besprechenden Giftigkeit des Gases sind solche Mengen nicht ganz unbedenklich. 200 l Kohlenoxyd genügen, um 40 cbm Luft in eine schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit tödlich wirkende Atmosphäre umzuwandeln. Man soll deshalb nicht allzu früh und erst nach reichlicher Bewetterung des Ortes in die Nachschwaden dieser und ähnlich zusammengesetzter Sprengstoffe hineingehen.

Gelatinedynamit liefert, im Gestein verwandt, kein Kohlenoxyd. Wenn man es aber für die Sprengarbeit in der Kohle benutzt, so läßt sich das Gleiche nicht mit derselben Bestimmtheit behaupten. Denn infolge der großen Hitze des explodierenden Dynamits kann der vom Schusse erzeugte Kohlenstaub unter Umständen in die Explosionsverbrennung mit hineingezogen werden und dann zur Erzeugung von Kohlenoxyd Anlaß geben.

27. — **Giftigkeit des Kohlenoxyds.** Das Kohlenoxyd ist im Gegensatze zur Kohlensäure überaus giftig und um so gefährlicher, als sein Vorhandensein meist erst dann bemerkt wird, wenn die Vergiftung bereits eingetreten ist. Es gibt leider kein Mittel, das Kohlenoxyd leicht und sicher in der Luft zu erkennen. Auch die Lampen geben gegenüber dem Kohlenoxyd kein Warnungszeichen, da sie in kohlenoxydhaltiger Luft, die schnell tödlich wirkt, ruhig weiter brennen. Man hat vorgeschlagen, Mäuse in Käfigen zwecks Feststellung von etwaigem Kohlenoxyd in verdächtige Grubenbaue mitzunehmen, da Mäuse 10 mal schneller als Menschen den Wirkungen des Kohlenoxyds unterliegen. Tatsächlich sind in einzelnen Fällen Mäuse für diesen Zweck benutzt worden. Jedoch ist das Mittel umständlich und nicht überall sofort zur Hand.

Die giftige Wirkung des Kohlenoxyds auf den Menschen beruht darauf, daß es zu den roten Blutkörperchen im Blute eine weit größere chemische Verwandtschaft besitzt als der Sauerstoff. Atmet der Mensch eine Kohlenoxyd enthaltende Luft ein, so verbindet sich dieses mit den Blutkörperchen zu einer verhältnismäßig festen chemischen Verbindung. Die Blutkörperchen werden dadurch unfähig, Sauerstoff aufzunehmen und versagen ihren auf S. 439 Ziff. 11 Abs. 4 beschriebenen Dienst. Es gelangt kein Sauerstoff mehr zu den Geweben des Körpers, und dieser selbst geht an Sauerstoffmangel zugrunde.

Das Blut eines Erwachsenen kann, wenn sich sämtliche Blutkörperchen mit Kohlenoxyd sättigen, etwa 1,1 l dieses Gases aufnehmen. Der erreichbare Grad der Sättigung und die Schnelligkeit, mit der sie

sich vollendet, hängt von der in der Atmungsluft vorhandenen Kohlenoxydmenge ab.

Schon eine Atmosphäre mit nur 0,1 % Kohlenoxyd genügt bei längerem Aufenthalte darin (2—3 Stunden), daß das Blut sich etwa zur Hälfte mit *CO* sättigt. Eine unmitttelbare Lebensgefahr besteht alsdann noch nicht. Es tritt jedoch Ohnmacht ein. In reine Luft gebracht, erholt sich der Mensch leicht, und das Blut scheidet allmählich das Kohlenoxyd als solches wieder aus. Bei Einatmung von reinem Sauerstoff geht die Erholung des Mannes und die Abscheidung des Kohlenoxyds schneller als bei der Atmung in gewöhnlicher Luft vor sich.

Bei 0,2 % Kohlenoxyd kann Ohnmacht schon nach 1—1½ Stunden eintreten. Schließlich erfolgt der Tod, falls der Mann nicht bald nach dem Ohnmachtsanfall in frische Luft gebracht wird. Bei 0,4—0,5 % ist die halbe Sättigung des Blutes bereits nach ½ Stunde erreicht, und der Mensch wird ohnmächtig. Bei höheren Prozentsätzen ist der Verlauf schneller.

Die Kohlenoxydvergiftung kündigt sich vor dem Ohnmachtsanfall durch Herzklopfen, Kopfschmerzen und Schwächegefühl in den Beinen an, wenn der Sättigungsgrad des Blutes 25—30 % erreicht hat. Diese Anzeichen steigern sich bis zum Eintritt der Ohnmacht (50 % Sättigung) allmählich, werden aber erfahrungsmäßig in Augenblicken der Aufregung wenig beachtet. Bei 79 % Sättigung des Blutes mit Kohlenoxyd ist eine Wiederbelebung schon nicht mehr möglich, und der Tod ist die sichere Folge.

Der Tod selbst erfolgt in der Bewußtlosigkeit und ohne Schmerzen; auch der Ohnmachtanfall verläuft unter der im Grunde angenehmen Empfindung eintretender Ruhe nach voraufgegangener Ermattung.

28. — **Behandlung bei Kohlenoxydvergiftungen.** Die Behandlung des von einer Kohlenoxydvergiftung Betroffenen muß einerseits darauf hinauslaufen, durch frische Luft oder noch besser durch reinen Sauerstoff eine Abscheidung des Kohlenoxyds aus dem Blute des Verunglückten in die Wege zu leiten, und muß anderseits die Erhaltung und Wiedererhöhung der gesunkenen Körperwärme zum Ziele haben. Man wird also, falls die Atmung aufgehört hat oder auch nur schwach geworden ist, kräftige, künstliche Atmung möglichst unter Zufuhr von Sauerstoff anwenden. Künstliche Erwärmung durch Einhüllen des Verletzten in warme Decken oder durch Anlegen von Wärmeflaschen ist um so nötiger, je mehr die Körperwärme infolge des Sauerstoffmangels bereits gesunken ist.

Nach erfolgter Wiederbelebung fühlt sich der Kranke recht elend, und die völlige Wiedergenesung verläuft um so langsamer, je mehr das Blut mit Kohlenoxyd gesättigt gewesen ist. In leichten Fällen können einige Stunden zur Gesundung genügen, immerhin pflegt auch dann die Heilung von heftigen Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen begleitet zu sein. In schwereren Fällen der Vergiftung bleiben manchmal wochen- und monatelang böse Gesundheitsstörungen zurück. Geschwächte Nerven, Beängstigungen, Unregelmäßigkeiten in Puls und Atmung, Muskelzuckungen und Krämpfe können die Folge sein.

29. — **Feststellung der Kohlenoxydvergiftung.** Unter Umständen ist es wichtig, festzustellen, ob der Tod infolge Kohlenoxydvergiftung

(Betriebsunfall) oder aus einem anderen Grunde, der vielleicht mit dem Betriebe nichts zu tun hat, erfolgt ist. Die sicherste Probe ist diejenige durch Spektralanalyse. Kohlenoxyd wird nur vom lebenden, nicht vom toten Körper aus dem Blute ausgeschieden. Die fragliche Feststellung ist deshalb in der Regel leicht zu machen. Ja man ist sogar in der Lage, das Kohlenoxyd im Blute auf diese Weise noch nachweisen zu können, nachdem die Leiche bereits monatelang im Grabe gelegen hat.

Häufig ist die Kohlenoxydvergiftung schon allein aus der eigentümlichen Rosafärbung des Blutes zu erkennen. Äußerlich sehen die an Kohlenoxydvergiftung Verstorbenen oft so aus, als ob noch Leben in ihnen wäre. Während die Lippen und Schleimhäute bei den aus anderer Ursache Verstorbenen bleich erscheinen, spiegelt hier die hellrote Färbung leicht das schon lange entflohene Leben vor.

30. — **Brennbarkeit des Kohlenoxyds.** Die Brennbarkeit des Kohlenoxyds und Explosibilität von Kohlenoxyd-Luftgemischen sind für den Bergmann von geringer Bedeutung. Die folgende Formel zeigt, wie Kohlenoxyd bei Luftzutritt verbrennt oder nach Mischung mit Luft explodiert:

$$CO + {}^1/_2 O_2 + 2 N_2 = CO_2 + 2 N_2.$$

Aus der Formel folgt, daß das günstigste Explosionsverhältnis gegeben ist, wenn 1 Raumteil Kohlenoxyd mit $2^1/_2$ Raumteilen Luft gemischt ist oder wenn das explosible Gemisch 28,6 % Kohlenoxyd enthält. Die unterste Grenze der Explosionsfähigkeit liegt bei 15 % CO in dem Gemische. Es ist kaum anzunehmen, daß jemals in der Grube derartige explosible Gemische vorhanden sein werden.

31. — **Schwefelwasserstoff.** Der Schwefelwasserstoff (H_2S) hat ein spezifisches Gewicht von 1,2, ist noch viel giftiger als Kohlenoxydgas, ist aber im Gegensatze zu diesem leicht kenntlich an seinem starken Geruch (nach faulen Eiern), der sich schon bei dem geringsten, für den Menschen noch vollkommen unschädlichen Prozentgehalte unangenehm bemerkbar macht.

Der Mensch verliert bereits bei 0,1 % H_2S in der Luft binnen kurzem das Bewußtsein und stirbt; 0,25 % genügen, um ein Pferd zu töten. Das Gas ist brennbar.

Es bildet sich bei der Fäulnis organischer Stoffe in Gegenwart schwefelhaltiger Verbindungen. Von Wasser wird es begierig verschluckt. 1 l Wasser nimmt bei 15° 3,23 l Gas in sich auf. Steht das Wasser unter Druck, so ist die Gasmenge entsprechend größer. Läßt der Druck nach, so entweicht ein Teil des Gases. Auf H_2S muß man besonders beim Anfahren von Wasseransammlungen im alten Mann gefaßt sein. Beim Anzapfen solcher Ansammlungen läßt das ausströmende und verspritzende Wasser den etwa vorhandenen Schwefelwasserstoff zum Teil entweichen. In Westfalen sind vereinzelt hierdurch entstandene Verunglückungen bekannt geworden.

Häufiger kommt H_2S auf Kalisalzgruben vor, wo es im Salze eingeschlossen sich findet und Höhlungen und Klüfte unter Druck erfüllt. Auf dem anhaltinischen Kaliwerke Leopoldshall verunglückten im Jahre 1887 beim Schachtabteufen infolge Anfahrens von Schwefelwasserstoff im

29*

oberen Steinsalz 8 Bergleute. Beim späteren Durchörtern desselben Gebirges mit Strecken wurde mehrfach das Gas angetroffen, so daß man mit Atmungsapparaten arbeiten lassen mußte. 0,07 % H_2S in der Atmosphäre riefen schon schwere Erkrankungen hervor.

Insgesamt gehören jedoch Verunglückungen in Gruben durch Schwefelwasserstoffgas zu den Seltenheiten.

32. — Wasserstoff. Das Wasserstoffgas (H_2), spezifisches Gewicht 0,069, ist ein brennbares, im Gemische mit Luft explosibles Gas. Nach der Formel

$$H_2 + {}^1/_2 O_2 + 2 N_2 = H_2O + 2 N_2$$

berechnet sich das kräftigste Explosionsgemisch auf 28,6 % Wasserstoff. Das Gas ist für die Atmung unschädlich und verhält sich der Lunge und dem Blute gegenüber wie Stickstoff.

Auf Steinkohlengruben kommt Wasserstoffgas nur ausnahmsweise vor. Jedoch enthalten es die Schwaden einiger Sprengstoffe (z. B. von Kohlenkarbonit). Auch kann sich Wasserstoff bei Grubenbränden und Explosionen bilden, wenn glühender Kohlenstoff und Wasserdampf aufeinander einwirken.

Gleichsam auf natürlicher Lagerstätte findet sich das Wasserstoffgas auf Kalisalzgruben. Es ist zuweilen im Salze eingeschlossen und entweicht dann unmittelbar daraus nach Art von Bläsern. Im gashaltigen Salze kann es vorkommen, daß das Bohrmehl aus den Bohrlöchern durch das entweichende Gas geblasen wird. Die Analyse eines solchen Gases auf dem Kaliwerk Leopoldshall ergab 86,4 % Wasserstoff, während der Rest aus Grubengas, Kohlensäure und Stickstoff bestand.

Es sind auch einzelne kleine Explosionen auf Kaliwerken vorgekommen, die auf Wasserstoffentwickeluug zurückzuführen waren. Wasserstoff ist bedeutend leichter entzündlich als Grubengas, so daß Sicherheitslampen nicht eine gleiche Sicherheit wie gegenüber Schlagwettern besitzen werden. Wenn deshalb in Rücksicht auf die Wasserstoffgefahr auf Kaliwerken Sicherheitslampen angewandt werden, so sollten dies nur solche mit doppeltem Drahtkorb sein.

33. — Stickoxyd. Das Stickoxyd (NO und N_2O_3) ist ein gelbroter Qualm, der in der Grube nur dann entsteht, wenn Sprengschüsse auskochen, statt zu explodieren. Näheres hierüber findet sich im dritten Abschnitt auf S. 167 unter Ziff. 105. Stickoxyddämpfe wirken reizend und unangenehm beißend auf die Atmungsorgane ein. Der Bergmann empfindet solche Schwaden als „scharf".

Das Gas ist giftig und kann bei längerem Aufenthalte darin sogar zum Tode führen. Die giftige Wirkung äußert sich jedoch nicht unmittelbar, sondern macht sich erst mehrere Stunden nach dem Einatmen in Kopfschmerzen, Erbrechen, Bewußtlosigkeit u. dergl. bemerkbar. Man soll deshalb die Gase von Schüssen, die ganz oder teilweise ausgekocht haben und die sich durch besonders scharfen Geruch und anscheinend größere Menge kennzeichnen, nach Möglichkeit meiden. Das betreffende Ort ist erst zu betreten, nachdem eine gründliche Bewetterung stattgefunden hat.

34. — Grubengas. Allgemeines. Grubengas, Sumpfgas, leichter Kohlenwasserstoff, Methan (CH_4) besitzt das spezifische Gewicht 0,558. Ein Kubikmeter wiegt 0,7218 kg. Das Grubengas ist farb- und geruchlos, brennbar, nicht giftig, deshalb aber nicht ungefährlich; denn man kann darin ersticken. In den 10 Jahren von 1896 bis 1905 sind auf den Steinkohlengruben Preußens 15 tödliche Verunglückungen durch Erstickung in Grubengas vorgekommen.

35. — Entstehung und Vorkommen des Grubengases. Das Grubengas entsteht auch heute noch täglich bei der Vermoderung pflanzlicher Stoffe unter Luftabschluß (Verkohlung), wie dies auf S. 45, Ziff. 55 im dritten Absatz beschrieben ist. Infolge der Bedeckung der Flöze mit anderen Gebirgsschichten kann das Grubengas nicht entweichen, sondern sammelt sich in der Kohle unter stellenweise hohem Drucke an.

Grubengas kann infolge seiner Entstehung in jedem Gebirge auftreten, in dem pflanzliche Reste verkohlt sind. Man hat es in kleinen Mengen in den verschiedensten Gebirgsformationen gefunden, z. B. im Buntsandstein (Kalisalzgruben), Zechstein, Jura, Tertiär und anderswo. In größeren Mengen und allgemein verbreitet pflegt es sich aber nur im eigentlichen Steinkohlengebirge zu finden. Aber auch hier führen nicht alle Flöze Grubengas. Z. B. sind die mächtigen Flöze Oberschlesiens in den oberen Schichten der dortigen Kohlenablagerung vollkommen frei davon. Vom Steinkohlengebirge aus dringt das Gas manchmal in Hohlräume und Klüfte des Deckgebirges ein.

Braunkohlen führen nur ausnahmsweise Grubengas, wie z. B. einige böhmische Braunkohlenflöze. Auch am Habichtswalde bei Kassel ist Grubengas in der Braunkohle aufgetreten.

Wenn man den Grubengasgehalt der Steinkohlenflöze in Rücksicht auf die Beschaffenheit der Kohle betrachtet, so sind im allgemeinen die Fettkohlen reicher an Grubengas als die Gas- und Gasflammkohlen, diese wieder reicher als die Magerkohlen. Im einzelnen aber erleidet diese Regel Ausnahmen genug. Schon die Flöze der Fettkohlenpartie selbst verhalten sich hinsichtlich der Grubengasentwickelung außerordentlich verschieden.

Schließlich ist auch der Grubengasgehalt eines einzelnen bestimmten Flözes starken Schwankungen unterworfen, wenn man es in seiner Längserstreckung verfolgt. Flöze, die zutage ausgehen, sind hier vielfach entgast und führen erst in größerer Teufe wieder CH_4. Eine ähnliche Rolle wie die Nähe des Ausgehenden können Klüfte und Spalten spielen. Die Entgasung der Flöze ist vollständiger, wenn das Steinkohlengebirge zutage ausgeht, als wenn es von jüngeren Schichten (Kreide, Buntsandstein) überlagert ist. In diesem Falle führen viele Flöze Grubengas, die ohne Überlagerung schlagwetterfrei oder doch schlagwetterarm sind. Auch die größere oder geringere Durchlässigkeit des Deckgebirges ist von Einfluß. Unter Buntsandstein pflegt die Entgasung weiter als unter Mergelbedeckung vorgeschritten zu sein.

36. — Gasdruck in der Kohle. Die schlagwetterführenden Flöze enthalten das Gas unter einem gewissen Überdrucke. Zur Feststellung der Spannung des Gases in der Kohle sind häufig Messungen gemacht

worden. Man bohrt zu diesem Zwecke tiefe Löcher in die Kohle und führt in diese ein Gasrohr ein, das an seinem äußeren Ende mit einem Manometer in Verbindung steht. Das andere Ende des Rohres ragt bis in das Bohrlochstiefste. Alsdann wird der zwischen Bohrlochswand und Gasrohr verbleibende Raum fest mit Letten verstampft, wobei nur das Bohrlochstiefste mit der Mündung des Gasrohres frei zu halten ist. Der hier allmählich ansteigende Gasdruck wird, sobald er gleichmäßig bleibt, am Manometer abgelesen. Auf Zeche Hibernia[1]) fand man bei derartigen Messungen in bis zu 10 m tiefen Bohrlöchern bei 598 Versuchen einen durchschnittlichen Überdruck von 1,79 Atmosphären, in einem Falle bei 4 m Tiefe sogar einen Druck von 14,6 Atmosphären. Zumeist ergaben sich Drücke von 0,5—1 Atmosphäre; in weicher, zerklüfteter Kohle weniger, in harter und fester Kohle mehr. Im allgemeinen fand man, wie leicht erklärlich, bei tiefen Bohrlöchern einen höheren Druck als bei weniger tiefen. Auch sagt Bergrat Behrens ausdrücklich, daß bei tieferem Eindringen in die Kohle zweifellos ein weit erheblicherer Druck festgestellt worden wäre.

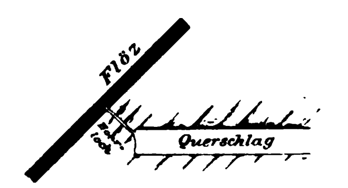


Fig. 436. Gasdruckmessung in einem unverritzten Flöze auf einer belgischen Grube.

In belgischen Kohlengruben sind bei ähnlichen Versuchen Spannungen bis zu 23 Atmosphären, in einem Falle in einem sonst noch unaufgeschlossenen Felde sogar von 42,5 Atmosphären festgestellt worden. Hier hatte man von einem Querschlage aus durch wahrscheinlich undurchlässige Schichten ein unverritztes Flöz angebohrt (Fig. 436), so daß man vermutlich den vollen, ursprünglichen Gasdruck festzustellen in der Lage war.

Es kommt vor, daß der Gasdruck innerhalb eines Flözes stark schwankt, ohne daß eine Änderung in der Art und Härte der Kohle äußerlich zu bemerken ist.

Wo das die Kohle begleitende Nebengestein porös oder klüftig ist, wird auch dieses vom Grubengase unter Druck erfüllt.

37. — **Grubengas im Wasser.** In Wasser ist Grubengas nur wenig löslich. Jedoch nimmt die Löslichkeit mit höherem Drucke zu. Wird das Wasser vom Drucke befreit, so läßt es Grubengas unter Aufbrausen entweichen. In gleicher Weise wirkt Erwärmung auf grubengashaltiges Wasser ein.[2])

38. — **Übertritt des Grubengases in die Grubenbaue.** Der Übertritt des Gases aus der Kohle oder dem Gestein in die Grubenwetter erfolgt, sobald hierzu die Möglichkeit durch Aufschließung der das Gas enthaltenden Schichten gegeben ist. Der Übertritt geht vor sich:

1. durch regelmäßiges Ausströmen aus der Kohle oder dem Nebengestein,
2. durch plötzliche Gasausbrüche,
3. durch Bläser.

---

[1]) Behrens, Beiträge zur Schlagwetterfrage 1896.
[2]) Min. Ztschr. 1884, S. 237.

Außerdem bedarf

4. der Übertritt des Grubengases aus dem alten Mann in die Grubenbaue einer besonderen Besprechung.

39. — **Das regelmäßige Ausströmen des Gases.** In der Regel findet die Entgasung der Kohle durch ununterbrochenen, allmählich abnehmenden Ausfluß des Gases statt, wie dies bei einem unter Druck in der Kohle enthaltenen Gase von vornherein zu erwarten ist. Die Schnelligkeit des Gasaustritts ist bald größer und bald geringer und hängt von dem Gasdruck, von der Art der Kohle und der Zeitdauer seit dem Beginn der Entgasung ab. Es wäre zwecklos, Formeln für die Ausflußgeschwindigkeit des Gases aus der Kohle — etwa berechnet nach dem Gasdrucke — aufstellen zu wollen, da derartige verwickelte Vorgänge sich nicht in eine Formel bringen lassen. In jedem Falle erfolgt aber die Gasausströmung im unverritzten Felde, also bei der Vorrichtung, sehr viel lebhafter als einige Zeit später beim Abbau. Man kann rechnen, daß auf jede Tonne fallender Kohle bei den Vorrichtungsarbeiten 4—5 mal soviel CH_4 ausströmt als beim eigentlichen Abbau, wo das Feld von dem Hauptgasdrucke bereits befreit ist. (Siehe S. 462 Ziff. 47.)

Die Entgasung der Kohle ist bisweilen durch das Gehör wahrnehmbar. Unter der Wirkung des ausströmenden Gases springen nämlich kleine Kohlenpartikelchen unter einem knisternden Geräusch ab. Der Bergmann sagt dann, die Kohle „krebst". Auch wenn das Gas das auf der Sohle etwa vorhandene Wasser in Blasen durchbricht, entsteht ein ähnliches Geräusch.

40. — **Gasentwickelung aus bereits gewonnener Kohle.** In vermindertem Maße setzt sich die Grubengasentwickelung fort, wenn die Kohle schon gewonnen ist. Sogar über Tage ist in Vorratstrichtern, Kohlenrümpfen und Trockentürmen der Kohlenwäschen häufig das Auftreten von Grubengas bemerkt worden und hat vereinzelte, kleinere Explosionen herbeigeführt.[1]) Der Gebrauch der Sicherheitslampen kann deshalb auch über Tage bei gewissen Arbeiten notwendig sein.

41. — **Plötzliche Gasausbrüche.** Wir haben gesehen, daß der Gasdruck in der Kohle unter Umständen auf einige zwanzig, ja sogar auf vierzig Atmosphären und darüber steigen kann, und es ist leicht zu verstehen, daß die Festigkeit der Kohle einem solchen Drucke nicht immer gewachsen sein wird. Solange die Kohle vom Nebengestein fest eingeschlossen ist und nicht ausweichen kann, ist dieser Gasdruck unbedenklich. Sobald aber durch Auffahren von Strecken der Kohle Gelegenheit zum Ausweichen gegeben wird, kann die Gefahr entstehen, daß die Kohle durch den allzu großen Gasdruck in ihrem Gefüge zermürbt und zerrissen wird, ähnlich wie ein Gasball, der allzu stark aufgeblasen wird und schließlich reißt. Es entsteht dann ein plötzlicher Gasausbruch, wie solche sich häufiger in Belgien, sehr vereinzelt und in milderer Form auch im Ruhrbezirke ereignet haben.

Bei diesen Vorkommnissen bricht plötzlich eine große Menge Gas, die von gewaltigen Staubmassen begleitet ist, in die Grubenbaue ein.

[1]) Glückauf 1901, No. 33, S. 705 u. 706.

Der Staub kann die Strecken auf größere Längen erfüllen. Wenn der Gasstrom auf seinem Wege sich nicht entzündet, so erstickt er doch die Arbeiter, die er einhüllt. Wenn man später die Ausbruchstelle betritt, so findet man, daß im Flöze sich Hohlräume gebildet haben, deren früherer Inhalt die Schlagwetter und den Staub geliefert hat.

Die Schlagwettermenge, die auf diese Weise plötzlich entsteht, kann so bedeutend sein, daß sie mit dem regelmäßigen Wetterstrom nicht mehr abziehen kann, sondern daß sie sogar den einziehenden Strom zurückwirft und ihm entgegen einen Ausweg sucht.

Um von der Gewaltigkeit solcher Vorkommnisse ein Bild zu geben, sei nach Demanet[1]) der Gasausbruch auf der Kohlengrube Midi de Dour (Hainaut) vom Jahre 1865 und der bisher gewaltigste Ausbruch auf der Grube l'Agrappe bei Frameries vom Jahre 1879 geschildert:

Der Ausbruch auf Midi de Dour erfolgte bei 468 m Tiefe aus einem Kohlenstoße so plötzlich, daß die beiden Arbeiter, die vor Ort beschäftigt waren, von dem Gas- und Staubstrom umgeworfen und in der Richtung auf den Förderschacht zu mitgeschleppt wurden. Die Strecke war nachher auf eine Länge von 30 m fast ganz mit Staub- und Kleinkohle erfüllt. Diese Staubmasse wurde auf 174,8 cbm festgestellt. Der Hohlraum, der im Flöze entstanden war, wurde zu 100 cbm ermittelt. Das Gas strömte durch den Förderschacht aus, entzündete sich oben an einem Feuer und gab zu einer Explosion Veranlassung.

Ganz gewaltig war der Ausbruch auf der Grube l'Agrappe, der 132 Opfer (121 Tote und 11 Verletzte) forderte. Der Ausbruch erfolgte 610 m unter Tage in einem Aufhauen. Die entwickelte Gasmenge war so ungeheuer groß, daß der Gasstrom fast augenblicklich sowohl den Förderschacht, als auch die Schachtkaue erfüllte. Hier entzündete sich das Gas an einem Feuer, und 14 Personen wurden über Tage verbrannt, wovon 3 starben. Nun entzündete das Gas den Förderturm, und es loderte $2^1/_4$ Stunden lang ununterbrochen eine gigantische Feuersäule von 50 m Höhe aus dem Schachte heraus zum Himmel, die 10 km weit zu sehen war. Als die Gasentwickelung schließlich aufhörte, schlug die Flamme in die Grube zurück und veranlaßte unter Tage eine Reihe von Schlagwetterexplosionen auch in denjenigen Grubenteilen, die bisher von der Katastrophe noch verschont geblieben waren. Die Schlagwettermenge, die sich bei diesem Gasausbruche entwickelt hat, ist auf 500000 cbm berechnet worden.

So gefährlich und so groß gestalten sich die Gasausbrüche freilich selten. Sie sind in Belgien bisher nur in der Fettkohle vorgekommen. Die Zahl der Ausbrüche und die Neigung dazu nimmt mit der wachsenden Teufe zu. Die sämtlichen bisher bekannten Ausbrüche haben sich über 280 m tief ereignet. Der Ort der Ausbrüche sind gewöhnlich die Vorrichtungsstrecken.

Die in Westfalen vorgekommenen Ausbrüche waren harmloser und anscheinend von etwas anderer Art.[2]) Als auf Zeche Dannenbaum,

[1]) Demanet, Traité d'exploitation des mines de houille, 1898, Bd. I, S. 82.
[2]) Sammelwerk Bd. VI, S. 102.

Schacht I bei 410 m Teufe das hier 3 m mächtige Flöz Röttgersbank infolge Pfeilerrückbaues in starken Druck geraten war, kam es zuweilen vor, daß unter donnerartigem Getöse plötzlich 10—20 Ztr. sehr feinkörnige Kohle aus den Stößen der unteren Abbaustrecken geschleudert und dabei große Schlagwettermengen entwickelt wurden. Hier fanden also die Ausbrüche beim Abbau, nicht wie gewöhnlich in Belgien bei der Vorrichtung statt, und die Zermalmung der Kohle wurde offenbar durch den Gebirgsdruck begünstigt, wenn nicht hauptsächlich durch ihn verschuldet.

Ob für die westfälischen Flöze in größerer Tiefe die Gefahr der plötzlichen Gasausbrüche bestehen wird, muß dahingestellt bleiben.

Die Schutzmaßregeln gegen plötzliche Gasausbrüche bestehen darin, daß man stets mehrere Löcher vorbohrt. In Belgien pflegt man 3 je 7 m tiefe Löcher vorzubohren. Wenn man alsdann regelmäßig den Gasdruck in den Löchern beobachtet und, falls nötig, bei plötzlich ansteigendem Drucke die Kohle vor dem Fortbetriebe der Strecke entgasen läßt, so kommen plötzliche und unvermutete Ausbrüche nicht vor.

42. — **Gasausbrüche besonderer Art.** Eine andere Art plötzlicher Gasausbrüche ist in England bekannt geworden. Dort sind die Flöze manchmal im Hangenden oder Liegenden von schmalen, unbauwürdigen Flözchen begleitet, die bedeutend mehr Grubengas als das Hauptflöz selbst führen. Wenn nun Haupt- und Nebenflöz durch ein nicht allzu mächtiges, undurchlässiges Zwischenmittel getrennt sind, so kommt es bisweilen vor, daß dieses Zwischenmittel sich unter Krachen anhebt, falls es das Liegende bildet, oder daß es sich abdrückt, falls es das Hangende ist. Gleichzeitig brechen Ströme von Grubengas durch die entstehenden Risse und Spalten in die Grubenbaue ein, verlöschen alle Lampen und bringen die Arbeit für Stunden, unter Umständen auch für Tage zum Stillstand.

Auch in diesem Falle kann man sich durch regelmäßiges Anbohren des begleitenden, unter Gasdruck stehenden Flözes schützen, da dann die Entgasung allmählich erfolgt.

Auch gewisse Druckerscheinungen gehören hierhin, die gelegentlich auf deutschen Steinkohlengruben in Fällen beobachtet werden, wo Flöze durch Gesteinsmittel von Grubenbauen getrennt sind, z. B. in Füllörtern, in deren Nachbarschaft ein Flöz durchsetzt, oder in Richtstrecken, die ein Flöz zum Anhalten nehmen, es aber bald nach der einen und bald nach der anderen Seite hin verlassen.

43. — **Bläser.** Wenn das Kohlen- oder das Deckgebirge von Klüften, Spalten oder sonstigen Hohlräumen durchsetzt ist, so kann es vorkommen, daß diese Hohlräume unter einem gewissen Überdrucke von Grubengas erfüllt sind, das hierhin seinen Weg aus den Kohlenflözen gefunden hat. Werden die Gasansammlungen angehauen oder angebohrt, so „bläst" das Gas durch die entstandene Öffnung aus. Wir sprechen dann von einem „Bläser".

Die Bläser können, wenn es sich um ausgedehnte, unter hohem Gasdrucke stehende Kluftsysteme handelt, oft mit großer Gewalt ausbrechen. Jedoch ist es falsch, sie deshalb mit den in ihrem Wesen verschiedenen Gasausbrüchen, wie sie oben beschrieben sind, zu verwechseln.

Die meisten Bläser sind nach kurzer Zeit, nach wenigen Stunden oder Tagen, erschöpft. Es sind aber auch Bläser bekannt geworden, die jahrelang ununterbrochen ganz erhebliche Gasmengen geliefert haben. Es ist das leicht begreiflich, wenn man bedenkt, daß das an einem Punkte angeschlagene Spaltensystem eine große Zahl von Flözen schneiden und von allen diesen gespeist werden kann.

Sehr starke Bläser fuhr man beim Abteufen des Schachtes Ewald III an. Sie lieferten längere Zeit hindurch minutlich 6,2—9 cbm oder täglich rund 10000 cbm Gas. Auf Zeche Neu-Iserlohn lieferte ein Bläser mehrere Jahre hindurch 4 cbm minutlich oder 5760 cbm täglich. Überhaupt sind Bläser im Ruhrbezirke eine häufige Erscheinung. Vielfach hat man gefunden, daß beim Durchörtern einer Störung zunächst unter heftigem Drucke Wasser ausspritzte und erst dann das Gas folgte.

Das Bläsergas ist häufig reines CH_4; es findet sich in ihm aber auch Stickstoff (bis zu 20 $^0/_0$) und Kohlensäure (bis zu 5 $^0/_0$).

44. — Austritt des Grubengases aus dem alten Mann. Es ist natürlich, daß die aus der Kohle oder dem Gestein ausströmenden Grubengase sich in den unbewetterten Teilen des Grubengebäudes ungestört ansammeln können. Man wird deshalb auf Schlagwettergruben im alten Mann, mag er offen stehen oder teilweise oder ganz versetzt sein, in den meisten Fällen Grubengas in größerer Menge antreffen. Ebenso natürlich ist, daß ein Übertritt der Gase aus dem alten Mann in die Grubenräume stattfinden wird.

Der Übertritt muß zunächst eine Folge der dauernden Weiterentwickelung von CH_4 aus benachbarter, anstehender oder als Abbauverlust zurückgebliebener Kohle oder aus dem Gebirge überhaupt sein. Die Menge des Grubengases im alten Mann wird andauernd vermehrt, so daß der Überschuß in die Grubenräume entweichen muß.

Dieser Übertritt wird weiter durch die Diffusion begünstigt.

Ferner wird das Grubengas aus dem alten Mann durch das Niedergehen des hangenden Gebirges allmählich herausgedrückt. Die Senkung des Hangenden kann gleichmäßig und allmählich erfolgen, wie dies gewöhnlich beim Strebbau der Fall sein wird. Alsdann wird auch der Austritt des Grubengases aus dem alten Mann entsprechend dem Vorrücken des Abbaues ruhig und fast unmerklich vor sich gehen. Unter Umständen senkt sich aber auch das Hangende über größere Flächen hinweg plötzlich (namentlich beim Pfeilerbau), so daß in solchem Falle das Grubengas in großen Mengen plötzlich mit großer Geschwindigkeit in die Strecken gedrückt wird. Die Baue, die eben noch gasfrei waren, können sodann im nächsten Augenblicke mit hochprozentigen Grubengas-Luftgemischen erfüllt sein.

Ähnliche Wirkungen können in dem besonderen Falle eintreten, daß den Gasen aus hangenden Flözen oder Grubenbauen durch die beim Niedergehen des Hangenden entstehenden Bruchspalten ein Weg zu den belegten Bauen plötzlich eröffnet wird.

45. — Einfluß des Luftdruckes auf die Grubengasentwickelung. Es wäre denkbar, daß man in der Grube nach Verschluß der Tagesöffnungen durch Einpressen von Luft einen gewissen Überdruck erzeugte, der im-

stande wäre, dem Drucke des Grubengases in der Kohle und im Gestein das Gleichgewicht zu halten oder ihn sogar zu übertreffen. In diesem Falle würde der Austritt des Grubengases verhindert werden, und es würde, statt auszutreten, in die Kohle bezw. das Gestein zurückgepreßt werden. Der erforderliche Überdruck von mindestens einigen, unter Umständen 20—40 Atmosphären, ist aber viel zu hoch, als daß dies Verfahren praktisch in Betracht gezogen werden könnte.

Obige Annahme zeigt jedoch, daß die Höhe des Luftdrucks von Einfluß auf den Austritt des Grubengases sein wird. Tatsächlich wird ja der Gasdruck in der Kohle, der die letzte Ursache jedes Auftretens von Grubengas in den Grubenbauen ist, stets den atmosphärischen Druck übertreffen. Wenn der äußere Luftdruck, den wir mit dem Barometer messen, gleichmäßig bleibt, so wird auch die Schnelligkeit der Gasentwickelung unverändert bleiben. Schwankt aber der Barometerstand, so schwankt auch der Widerstand, der sich der Gasentwickelung entgegenstellt. Bei steigendem Barometer wächst dieser Widerstand, und die Gasentwickelung muß sich verlangsamen, während umgekehrt bei fallendem Barometer die Gasentwickelung lebhafter vor sich gehen wird.

Der mittlere Barometerstand sind 760 mm Quecksilber- oder 10300 mm Wassersäule. Die Schwankungen betragen insgesamt im Höchstfalle etwa 40 mm Quecksilber (540 mm Wasser) und gehen in der Regel über 30 mm Quecksilber (400 mm Wasser) nicht hinaus. Tagesschwankungen von 10 mm Quecksilber (135 mm Wasser) sind bereits sehr hoch. Der Luftdruck schwankt also im Höchstfalle um 5,1 %, während die Tagesschwankungen sehr selten mehr als etwa 1,3 % betragen.

Wenn man bedenkt, daß der durchschnittliche Überdruck des Gases in der Kohle auf Zeche Hibernia bei 575 Messungen 1,79 Atmosphären, der absolute Druck also 2,79 Atmosphären betragen hat, so mag es gleichgiltig scheinen, ob gegenüber dieser Spannung ein äußerer Druck von 1 oder 1,013 oder 1,051 Atmosphären vorhanden ist. Denn mehr betragen ja die Schwankungen des äußeren Luftdruckes nicht. Man kommt aber doch zu einem anderen Schlusse, wenn man erwägt, daß der Überdruck von 1,79 Atmosphären mehrere Meter tief in der Kohle festgestellt worden ist und daß er um so mehr abnimmt, je mehr man sich der bloßgelegten Kohlenwand in Strecke oder Abbau nähert. Die äußerste Schicht der in der Grube anstehenden Kohle enthält das Gas mit einem sehr viel geringeren Überdrucke, der schließlich nur noch $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ Atmosphäre oder noch weniger beträgt. Steigt also plötzlich das Barometer, so ist es sehr wohl denkbar, daß für kurze Zeit infolge des gestiegenen Luftdruckes ein Zurückstauen des Grubengases in die Kohle oder eine Verhinderung des Ausflusses stattfindet. Lange wird freilich diese Einwirkung nicht währen. Denn allmählich drückt das Gas aus der hinteren Kohle mit seiner höheren Spannung nach und gewinnt gegenüber dem äußeren Luftdrucke sehr bald und mit Sicherheit die Oberhand. Zunächst aber kann der Gasaustritt behindert werden, ebenso wie er umgekehrt bei plötzlich fallendem Barometer begünstigt wird.

Daß die Gefahr der plötzlichen Gasausbrüche durch die Schwankungen des Luftdruckes beeinflußt wird, ist kaum anzunehmen. Dafür

sind die Gasdrücke in der Kohle, die die Voraussetzung für einen Gasausbruch bilden, zu hoch, und ihnen gegenüber kann ein Mehr oder Weniger von höchstens $^1/_{20}$ Atmosphärendruck der äußeren Luft keine Rolle spielen.

Anders ist das Verhältnis bei Bläsern. Die Bläsergase stehen vor ihrem Austritt zum Teil nur unter geringem Überdrucke, namentlich dann, wenn der Bläser sich seiner Erschöpfung nähert. Tatsächlich hat man auch öfter durch Versuche festgestellt, daß die Gaslieferung der Bläser bei fallendem Barometer steigt und bei steigendem fällt.

Am bedeutendsten ist jedenfalls der Einfluß der Barometerschwankungen auf den Gasaustritt aus dem alten Mann, in dem das Gas etwa unter dem Atmosphärendrucke selbst steht. Nach dem Mariotteschen Gesetze verhalten sich die Volumina umgekehrt wie die Drücke. Sinkt der Atmosphärendruck um 5 %, so wird das Volumen einer gewissen Gasmenge, die an der Druckschwankung teilnimmt, um 5 % wachsen. 100 cbm Gase bei 780 mm Barometerstand nehmen bei einem Barometerstande von nur 740 mm einen Raum von rund 105 cbm ein. Alle im alten Mann stehenden Gase dehnen sich in solchem Falle um den 20. Teil ihres bisherigen Volumens aus. Dieser Teil muß in die Grubenräume übertreten, so daß der CH_4-Gehalt der Grubenwetter erhöht wird. Je größer die Räume des alten Mannes sind und je heftiger der Barometersturz ist, um so plötzlicher wird das Grubengas in die Grubenbaue übertreten; je schwächer die in der Nähe vorbeistreichenden Wetterströme sind, um so stärker wird deren Anreicherung an Grubengas sein.

Ähnlich wie der alte Mann wirkt jeder andere Hohlraum in der Grube, in dem Grubengas steht, also z. B. schon jede Auskesselung in der Firste der Strecken.

Bei steigendem Barometer ist der Verlauf der Bewegung der Gase umgekehrt. Die Wetter im alten Mann werden zusammengepreßt, und frische Luft strömt aus den Strecken in den alten Mann nach. Die Grubenwetter werden also schlagwetterfreier werden.

Bei längere Zeit gleichbleibendem Barometerstande wird es nahezu gleichgültig sein, ob das Barometer hoch oder niedrig steht. Es wird sich alsdann etwa die mittlere Gasausströmung einstellen.

Bergrat Behrens hat über den Zusammenhang von Grubengasausströmung und Atmosphärendruck eine Reihe wichtiger Beobachtungen gemacht. Er fand z. B., daß das Fallen des Luftdruckes um 8,5 mm Quecksilbersäule in 24 Stunden eine Vermehrung der Gasentwickelung um 9 % und zu einer andern Zeit das starke Steigen des natürlichen Luftdruckes um 9 mm in 18 Stunden eine Verminderung der Grubengasentwickelung um 13,6 % zur Folge hatte. Wenn solche Schwankungen des Grubengasgehaltes schon im Gesamtwetterstrome bestehen, so werden sie für einzelne Punkte in der Grube (z. B. in der Nähe des alten Mannes) noch bedeutend größer sein können.

Sehr deutlich ergibt sich der Zusammenhang zwischen Grubengasentwickelung und Luftdruck aus dem folgenden Schaubilde (Fig. 437), wobei allerdings zu beachten ist, daß die Luftdruckschwankungen im Saugkanal des Ventilators gemessen sind und ihre Stärke zum Teil auf die

Tourenzahl des letzteren zurückzuführen ist. Man hatte nämlich die natürlichen Schwankungen des Luftdruckes durch entsprechende Wahl der

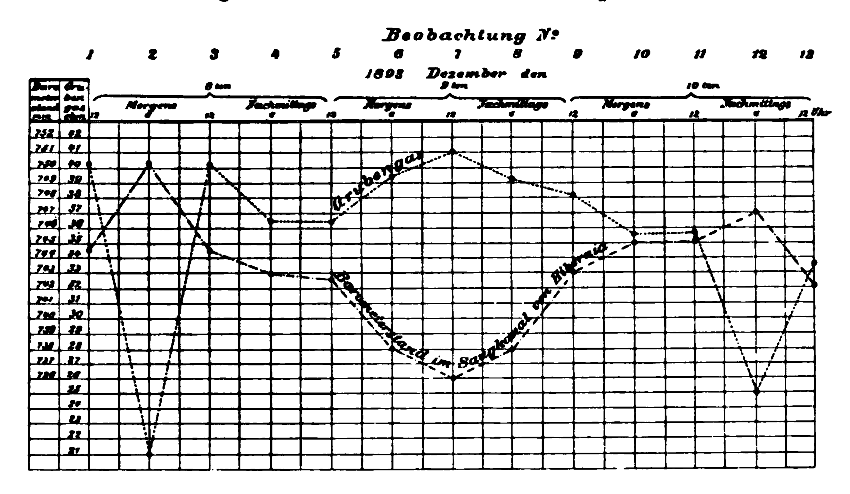


Fig. 437. Barometerstand und Grubengasentwickelung.

Tourenzahl verschärft, was ja aber an der Richtigkeit des zu führenden Beweises nichts ändert.

46. — Einfluß des Luftdruckes auf die Explosionsgefahr. Eine viel und fortdauernd untersuchte Frage ist die, ob der Zeitpunkt und der Eintritt der Schlagwetterexplosionen selbst mit den Luftdruckschwankungen in einem erkennbaren Zusammenhange stehen. Diese Frage kann nur durch längere Beobachtung zweifelfrei gelöst werden. Zu diesem Zwecke hat man Jahre hindurch fortlaufend die Barometerstandkurve aufgezeichnet und darin die einzelnen, vorgekommenen Schlagwetterexplosionen für den betreffenden Zeitpunkt vermerkt. Man fand aber, daß ein Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und den Schlagwetterexplosionen nicht sicher nachweisbar ist, da annähernd ebensoviel Explosionen bei fallendem wie bei steigendem Barometer sich ereigneten.

Es ist das leicht erklärlich. Der Eintritt einer Schlagwetterexplosion hängt nicht davon ab, ob in den Grubenwettern der Gehalt an CH_4 zeitweilig etwas gestiegen ist oder nicht, sondern hat neben dem Vorhandensein von Grubengas in gefährlicher Menge stets eine zündende Ursache zur Voraussetzung. Schon die Ansammlung gefährlicher Grubengasmengen wird häufiger dem Zufall und insbesondere dem Versagen der geordneten Wetterführung infolge von Brüchen oder dem Niedergehen des Hangenden über dem alten Mann oder dem Anschießen von Bläsern als dem Fallen des Luftdruckes zuzuschreiben sein. Noch mehr fehlt der innere Zusammenhang zwischen einer Luftdruckschwankung und der Entzündung der Schlagwetter. Denn mag die zündende Ursache in einem unglücklichen Zufall (z. B. in einer Zertrümmerung der Sicherheitslampe durch einen Schlag mit der Keilhaue), in dem Leichtsinn oder der Unerfahrenheit der Arbeiter (Benutzung von Feuerzeug, Öffnen der Lampe, falsche Ausführung der

Sprengarbeit) oder in anderen Zufälligkeiten liegen, jedenfalls leuchtet ein, daß der Zufall der Zündung vom Barometerstande unabhängig ist.

47. — Verhältnis der Gasmenge zur Kohlenförderung. Die Gesamtmenge des auf den einzelnen Zechen je Tonne Förderung zur Entwickelung kommenden Grubengases ist naturgemäß sehr verschieden und schwankt z. B. in Westfalen von 0—60 cbm. Im großen Durchschnitt kann man für den Ruhrbezirk etwa 7 cbm annehmen. Es sind das je 1 cbm Kohle rund 9 cbm Gas, im Höchstfalle (bei 60 cbm auf die Tonne) aber 78 cbm Gas auf 1 cbm Kohle!

Demgemäß sind die überhaupt zur Entwickelung kommenden Gasmengen recht beträchtlich. Der Gesamtwetterstrom der Zeche Hibernia, die eine sehr große Grubengasentwickelung aufweist, betrug längere Zeit hindurch 7500 cbm mit etwa $^1/_2\,^0/_0$ CH_4 im ausziehenden Strome. Es sind das 37,5 cbm Grubengas in der Minute oder 54000 cbm an einem Tage. Wenn 1 cbm mit 10 Pf. bewertet wird, so ist der Wert des pro Tag entwickelten Grubengases 5400 M., gegen einen Wert von etwa 9000 M., den die im selben Zeitraume geförderten 900 t Kohle darstellen.

Als ein anderes Beispiel einer starken Grubengasentwickelung mag noch die Fettkohlengrube Luisenthal bei Saarbrücken genannt sein. Als diese Grube sich in Vorrichtung befand und durchschnittlich 109 t Förderung lieferte, betrug die Grubengasentwickelung täglich 27027 cbm oder je Tonne Kohle 248 cbm.

48. — Einwirkung des Grubengases auf die Beschaffenheit der Kohle. Sehr grubengasreiche Flöze pflegen viel Feinkohle zu liefern, während Flöze mit harter Kohle, also hohem Stückkohlenfall, zumeist wenig Grubengas entwickeln. Offenbar besteht ein Zusammenhang in dieser Beziehung. Freilich wird nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden sein, ob die Neigung zur Feinkohlenbildung auf den Grubengasgehalt als Ursache oder ob die reiche Grubengasentwickelung auf die mürbe Beschaffenheit der Kohle zurückzuführen ist.

In einzelnen Fällen will man bemerkt haben, daß ein Flöz, das z. B. durch den Abbau eines benachbarten Flözes Gelegenheit zur allmählichen Entgasung gefunden hatte, härtere und festere Kohle lieferte, als wenn es unmittelbar unter starker Gasentwickelung während der Vorrichtung und des Abbaues gebaut wurde. Man hat deshalb auch geraten, zwecks Erzielung eines höheren Stückkohlenfalls den tieferen, benachbarten Flözen durch Bohrlöcher von dem jeweilig gebauten Flöze aus die Möglichkeit der Entgasung zu geben. Es ist aber zu beachten, daß das von zweien zuletzt gebaute Flöz schon um deswillen festere Kohle liefern wird, weil der Gebirgsdruck weniger rege ist.

49. — Verhalten des Grubengases nach der Ausströmung. Das aus der Kohle, dem Gestein oder einem Bläser austretende Gas steigt infolge seiner Leichtigkeit zunächst nach oben und sammelt sich hier an. Es findet sich deshalb besonders häufig an den höchsten Punkten der Grubenbaue, in Auskesselungen der Firste, in Aufhauen und Aufbrüchen. Sofort nach dem Austritt des Grubengases wirkt aber die Diffusion auf dieses ein, so daß es alsbald mit den sonstigen Grubenwettern sich zu mischen beginnt. In Räumen, die in ihren Größenverhältnissen einer gewöhnlichen

Grubenstrecke entsprechen, kann man annehmen, daß die Diffusion nach Verlauf von einigen Stunden ihr Werk beendet hat und daß danach eine vollkommen gleichmäßige Mischung der Gase eingetreten ist.

Scheinbar steht damit im Widerspruche, daß man in der Grube in Auskesselungen der Firste einer Strecke unter Umständen tage- und wochenlang Grubengas finden kann. Das an einem gewissen Punkte anstehende Grubengas ist aber nicht dasselbe, das hier ein oder mehrere Tage vorher gestanden hat, sondern es ist frisches, erst vor kurzem ausgeströmtes Gas.

Die Diffusion wirkt naturgemäß um so langsamer, je größer die Entfernungen sind. In einem Aufhauen von größerer Länge wird die Diffusion nach der Grundstrecke hin nur verhältnismäßig schwach zur Geltung kommen können.

Ein Gemisch von Grubengas mit Luft entmischt sich nicht wieder. Auch kennt man keinerlei künstliche Mittel, eine nachträgliche Trennung der Gase zu bewirken.

50. — **Verbrennung des Grubengases und die Schlagwetterexplosion.** Ausströmendes Grubengas verbrennt an der Luft nach bewirkter Entzündung mit hellblauer, wenig leuchtender Flamme. Hat eine vorherige Mischung des Grubengases mit atmosphärischer Luft stattgefunden, so kann dieses Gasgemisch explodieren. Verbrennung und Explosion verlaufen etwa nach folgender Formel:

$$\underbrace{1\,CH_4 + 2\,O_2 + 8\,N_2}_{11\text{ Raumteile.}} = \underbrace{\underbrace{1\,CO_2 + 8\,N_2}_{9\text{ Raumteile.}} + 2\,H_2O}_{11\text{ Raumteile.}}$$

Wenn also auf 1 Raumteil CH_4 2 Raumteile Sauerstoff, d. h. etwa 10 Raumteile atmosphärischer Luft entfallen, so reicht der Sauerstoff gerade zur Verbrennung des vorhandenen CH_4 aus und wird dafür verbraucht. Die Explosion ist dann am kräftigsten. Bei genauerer Rechnung stellt sich das günstigste Explosionsgemisch auf etwa $9\frac{1}{2}\,\%$ CH_4 und $90\frac{1}{2}\,\%$ Luft. Ist der CH_4-Gehalt in dem Explosionsgemisch größer, so bleibt ein Teil des Grubengases unverbrannt; ist er kleiner, so bleibt Sauerstoff bezw. atmosphärische Luft im Überschuß.

Bemerkenswert ist die schon auf S. 449 erwähnte Tatsache, daß bei der Explosion von Gasgemischen mit mehr als $9\frac{1}{2}\,\%$ CH_4 nicht etwa infolge des Sauerstoffmangels Kohlenoxyd durch nur teilweise Verbrennung des Grubengases entsteht. Bei einer solchen Explosion entsteht vielmehr neben Wasserdampf stets nur Kohlensäure, während das überschüssige Grubengas unzersetzt zurückbleibt. Der Vorgang ist so zu deuten, daß die beiden im Grubengas verbundenen Elemente Wasserstoff und Kohlenstoff nur dann sich trennen, wenn für beide Elemente genügender Sauerstoff zur vollen Oxydation vorhanden ist. Andernfalls läßt sich ihre Verbindung nicht erschüttern.

In den Fällen, wo mehr oder weniger CH_4 als $9\frac{1}{2}\,\%$ in dem Gemische vorhanden ist, muß in der Explosion entweder Grubengas oder die überschüssige atmosphärische Luft nutzlos mit erwärmt werden. Die Explosion wird deshalb schwächer.

51. — Grenzen der Explosionsfähigkeit. Gefährlichkeit nicht explosibler Gemische. Beträgt der CH_4-Gehalt in dem Gemische 5 % einerseits und 14 % anderseits, so hört die Explosionsfähigkeit auf; Wetter mit einer diese Grenzen überschreitenden Zusammensetzung sind nicht mehr explosibel. In einem Gemische mit mehr als 14 % CH_4 kann man z. B. elektrische Funken überspringen lassen, ohne daß eine Explosion erfolgt. Eine Flamme erlischt darin.

Ungefährlich sind freilich solche Gemische in der Grube nicht, denn es ist, abgesehen davon, daß sie einen für die Atmung zu geringen Sauerstoffgehalt besitzen, klar, daß eine Grenzzone vorhanden sein muß, in der der CH_4-Gehalt so weit herabgemindert ist, daß das Gemisch in diesem Teile explosibel wird. Hier würde infolge einer Entzündung eine Explosion entstehen, die durch ihre Wirkung das noch unverdünnte Grubengas auf der einen Seite aufwirbeln und mit der Luft auf der andern Seite mischen würde. Weitere Explosionen würden dann wahrscheinlich folgen.

Auch Gemische mit weniger als 5 % sind nicht als ungefährlich anzusehen. Denn auch das in geringen Prozentsätzen in der Luft enthaltene Grubengas verbrennt, wenn es in den unmittelbaren Bereich einer Flamme kommt. Die Flamme selbst wird, wenn sie in derartigem Gemische brennt, länger und stärker. An der Sicherheitslampe ist die Flammenverlängerung schon bei etwa 1 % Grubengas in der Luft sichtbar und wird bei höherem Gehalt sehr stark. Gleiche Flammenverstärkungen werden z. B. bei ausblasenden Schüssen eintreten. Da die verstärkte Flamme weiter schlägt, werden also die Schüsse gefährlicher. Geringe Beimengungen von Kohlenstaub können dann schon für eine kräftige Explosion genügen. Ist einmal eine Explosion eingeleitet, so findet sie auch in geringprozentigen CH_4-Gemischen neue Nahrung und greift weiter als in reiner Luft.

In keinem Falle darf man also das Auftreten von CH_4 als unbedenklich erachten. Es zeigen ja auch geringwertige Schlagwettermengen immerhin das Vorhandensein einer Gasquelle an, die durch nicht vorherzusehende Zufälligkeiten jederzeit sich verstärken und bei kleinen Störungen der Wetterführung schnell zu gefährlichen Gemischen führen kann.

52. — Explosionstemperatur, Volumen und Druck der Explosionsgase. Die Temperatur, die bei der Explosion eines Grubengas-Luftgemisches entsteht, ist, wie erwähnt, je nach dem Mischungsverhältnis verschieden. Bei der günstigsten Explosionsmischung beträgt die Flammentemperatur 2650 ° C., bei 5 % oder 14 % CH_4 aber nur etwa 1500 °. Im Augenblicke der Explosion ist das gebildete Wasser dampf- oder gasförmig vorhanden. Nach der Formel auf S. 463 entstehen aus 11 Raumteilen, die in die Explosion eintreten, wiederum 11 Raumteile. Da die neu gebildeten Gase im ersten Augenblicke eine Temperatur von 2650 ° besitzen, würden sich die Volumina vor und nach der Explosion wie die absoluten Temperaturen, also wie 15 + 273 zu 2650 + 273 oder wie 288 zu 2923 verhalten. Die Gase würden sich also auf mehr als das Zehnfache des ursprünglichen Volumens ausdehnen. Die hohe Explosionstemperatur der Gase bleibt aber nicht lange bestehen. Durch Mischung mit der übrigen kalten Luft und Berührung mit den Streckenwandungen und sonstigen Gegenständen kühlen sich die Gase sofort annähernd auf die

Grubentemperatur herab. Hierbei schlägt der Wasserdampf sich als Wasser nieder. Nun haben wir statt der ursprünglich vorhandenen 11 Raumteile nur noch deren 9, also weniger als vor der Explosion. Während also im ersten Augenblicke der Explosion die Gase sich sehr stark auszudehnen suchen und alles vor sich her treiben, ziehen sie sich kurz darauf sogar noch auf ein geringeres Volumen als das ursprüngliche zusammen. Die erste Wirkung äußert sich als Schlag nach der einen Seite, die zweite Wirkung als Rückschlag. Daraus erklärt sich die viel gebrauchte Bezeichnung „schlagende Wetter" oder „Schlagwetter". Folgerichtig sollte man diesen Ausdruck nur für explosible Grubengas-Luftgemische verwenden. Er wird aber vielfach auch allgemein für Grubengas gebraucht.

Läßt man die Explosion in einem geschlossenen Raum (Bomben oder dergl.) vor sich gehen, so müßte der Druck entsprechend dem vermehrten Gasvolumen nach dem Mariotteschen Gesetze auf etwa 10 Atmosphären steigen. Tatsächlich findet man bei Explosionsversuchen in Bomben nur höchstens $6^1/_2$ Atmosphären Überdruck, was aus der sofort ihre Wirkung ausübenden Abkühlung zu erklären ist. In der Grube wird der durch die Explosion entstehende Überdruck in der Regel viel geringer sein, weil die Gase Gelegenheit, sich auszudehnen, haben.

53. — Explosionsschnelligkeit. Die Schnelligkeit der Explosion, d. h. die Geschwindigkeit mit der diese sich im Schlagwettergemische fortpflanzt, ist nach in Röhren angestellten Versuchen sehr gering und beträgt nur 0,2—0,6 m in der Sekunde. Sie ist aber schneller, wenn das Gasgemisch in Bewegung befindlich ist, und sie ist ferner ganz beträchtlich größer, wenn am Orte der Explosion eine Druckerhöhung eingetreten ist, so daß die Explosion unter Druck verläuft. Es kann das in der Grube leicht geschehen. Eine anfängliche, vielleicht geringe Explosion schiebt die Gase vor sich her und staucht sie an einem Punkte zusammen. Die Flamme folgt nach und entzündet die zusammengepreßten Gase, die nun mit großer Heftigkeit und sprengstoffähnlicher Wirkung explodieren. Solche Erscheinungen hat man auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Versuchen in Explosionsbomben, die in mehrere Kammern geteilt waren, unmittelbar beobachten können.

In Wirklichkeit haben manche Grubenexplosionen nur eine sehr geringe mechanische Wirkung, und diese kann auch bei größeren Explosionen an einzelnen Punkten nur schwach sein. Obwohl man vielleicht an der Flammenwirkung erkennt, daß die Explosion den Ort bestrichen hat, kann hier alles in der alten Lage geblieben sein, und es können z. B. die Kleider der Bergleute noch an dem in einen Stempel geschlagenen Nagel hängen. Gelegentlich aber ist die mechanische Kraftäußerung der Explosion gewaltig groß. Es ist vorgekommen, daß einem Manne der Kopf vom Rumpfe gerissen ist, daß eiserne Förderwagen nicht allein umgeworfen, sondern auch gleichsam zusammengequetscht und die Schienen aufgerollt wurden. Solche Wirkungen sind nur bei einer außerordentlich gesteigerten Explosionsgeschwindigkeit erklärlich.

Man will mehrfach die Beobachtung gemacht haben, daß die Explosion stärker war und heftigere, mechanische Wirkungen auf demjenigen Wege

aufzuweisen hatte, wo sie dem Wetterstrom entgegenlief als dort, wo sie dieselbe Bewegungsrichtung wie dieser hatte. Es würde sich eine solche Erscheinung ohne Zwang dadurch erklären lassen, daß die durch die Explosion vor sich her getriebenen Gasgemische beim Auftreffen auf den entgegenströmenden Wetterstrom eine stärkere Zusammenpressung erfahren, als wenn der Explosionsstoß und der Wetterstrom dieselbe Richtung haben. Demzufolge werden Explosionsgeschwindigkeit und Explosionswirkung an den Orten der größten Zusammenstauchung der Gase, d. i. also dem frischen Wetterstrome entgegen, am größten sein müssen.

54. — **Entzündungstemperatur der Schlagwetter.** Es fragt sich zunächst, bei welcher Temperatur sich ein Schlagwettergemisch entzündet, d. h. welche Temperatur erreicht werden muß, damit die Verbrennung des Grubengases mit dem Sauerstoff der Luft vor sich geht. Nach den von den französischen Forschern Mallard und Le Chatelier angestellten Versuchen ist die Entzündungstemperatur der Schlagwetter auf etwa 650° C. anzunehmen. Es zeigte sich aber bei den Versuchen, daß das Gasgemisch sich nicht unmittelbar entflammt, sobald es auf die angegebene Temperatur gebracht ist, sondern daß es eine gewisse Zeit lang auf dieser Temperatur gehalten werden muß. Die Verzögerung der Entzündung dauert in der Nachbarschaft von 650° bis zu 10 Sekunden. Sie verringert sich um so mehr, je höher die Temperatur steigt und ist bei 1000° kaum mehr schätzbar. Die Zündung der Schlagwetter hängt also von mindestens 2 Faktoren, Temperatur und Zeit, ab. Es ist sehr wohl möglich, glühende Drähte, die eine viel höhere Temperatur als 650° C. besitzen, ohne Gefahr der Zündung in ein Schlagwettergemisch zu bringen, weil die einzelnen erwärmten Gasmoleküle sofort aufsteigen und sich wieder vom Drahte entfernen, so daß die erforderliche Zeit zur Einleitung der Verbrennung fehlt.

Ferner ist bei anderen Versuchen festgestellt worden, daß die Entzündlichkeit von Schlagwettern bei vermindertem Gasdrucke geringer und bei erhöhtem Gasdrucke stärker ist. Anscheinend kann durch vergrößerten Druck die sog. Verzögerung der Entzündung vermindert werden. In tiefen Gruben wird somit die Entzündungsmöglichkeit der Schlagwetter größer als bei Versuchen über Tage sein.

55. — **Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen.** Die Schlagwetter werden in manchen Fällen durch reinen Leichtsinn oder Spielerei der Arbeiter entzündet, die vielleicht ein Streichholz in Brand setzen oder die Sicherheitslampe öffnen.

Ein anderer Grund ist offenes Licht. Es pflegt sich dabei um Gruben oder Grubenabteilungen zu handeln, in denen Schlagwetter bis dahin unbekannt sind und der Gebrauch offenen Geleuchtes erlaubt ist.

Besonders häufig ist die Sicherheitslampe die Ursache von Schlagwetterexplosionen. Ihren Namen trägt sie mit Unrecht, da sie völlige Sicherheit nicht gewährt. Eine gewisse, aber immerhin noch beschränkte Sicherheit ist nur dann vorhanden, wenn die Lampe fehlerfrei ist, wenn sie außerdem beobachtet wird und sich dabei in der Hand eines verständigen Arbeiters befindet. Besitzt sie Fehler, die während des Betriebes jederzeit eintreten können, oder hängt sie, wie es ebenfalls oft vorkommen kann, unbeobachtet am Stoße, so daß der Korb längere Zeit

hindurch erglühen kann, oder befindet sich die Lampe schließlich in der Hand eines Mannes, der sie vielleicht beim Bemerken der Schlagwetter infolge Schreckens heftig aus dem Schlagwettergemische herausreißt, so sind Entzündungen des äußeren Schlagwettergemisches nicht ausgeschlossen. Näheres über die Sicherheitsverhältnisse der Sicherheitslampe findet sich im Abschnitte über „Sicherheitslampen“ (siehe insbesondere Ziff. 199).

Mit einem erheblichen Prozentsatz ist ferner bei der Veranlassung von Schlagwetterexplosionen die Sprengarbeit beteiligt, wobei sowohl die Zündung der Sprengschüsse als auch die eigentliche Schußflamme in Frage kommt, wie dies im 3. Abschnitt (siehe insbesondere S. 178 ff. und S. 195 ff.) näher ausgeführt ist.

Geleucht und Sprengarbeit werden wahrscheinlich immer die Hauptursache der Schlagwetterexplosionen bleiben. Doch kann hier auf eine andauernde Verminderung der Schlagwetterexplosionen hingewirkt werden. Es gibt aber auch sonstige Ursachen von Schlagwetterexplosionen, bei denen eine Bekämpfung weniger leicht möglich ist.

Zunächst kommen Grubenbrände in Betracht. Wo die Kohle zur Selbsterhitzung neigt, können bei größter Vorsicht manchmal Grubenbrände nicht verhindert werden. Der Brand ist um so gefährlicher, als er durch Erhitzung der Kohle diese vergast und so weitere brennbare Gase erzeugt. Wenn nun die brennbaren Gase sich mit Luft zu mischen Gelegenheit haben und durch die Wetterbewegung auf den Brandherd geführt werden, so ist ihre Entzündung möglich. Derartige Explosionen sind mehrfach, wenn auch wegen der meist beschränkten Luftzufuhr und der gleichzeitigen Kohlensäureentwickelung nicht so häufig, wie man zunächst annehmen könnte, vorgekommen.

Eine andere, wenn auch seltene Ursache von Schlagwetterexplosionen kann Funkenbildung sein. Wenn harte Gesteine gegeneinander gerieben werden, so entstehen ebenso Funken, wie wenn Stahl auf harten Stein schlägt. Im allgemeinen sind solche Funken, die ja z. B. bei der Bohrarbeit und der Arbeit mit der Keilhaue auftreten, ungefährlich. Außergewöhnlich starke Funkengarben können aber, wie Versuche gezeigt haben, Schlagwetter zünden. Ebenso ist es erwiesen, daß die Funkenbildung beim Zusammenbrechen harter, hangender Gebirgsschichten Schlagwetterexplosionen verursachen kann. In England hat sich auf dem Maindy-Schachte der Ocean-Steinkohlengrube aus diesem Anlaß eine Schlagwetterexplosion an einem Sonntage zu einer Zeit ereignet, da kein Mensch in dem betreffenden Feldesteile der Grube war. Wenn Menschen in der Grube gewesen wären, würde man wohl geneigt gewesen sein, die Schuld auf andere Ursachen, z. B. das Geleucht, die Sprengarbeit oder den Leichtsinn eines Einzelnen zu schieben.

Die Ursache von Schlagwetterexplosionen können auch elektrische Funken oder überhaupt die Wirkungen der Elektrizität sein. Funken können an elektrischen Arbeitsmaschinen, an den Leitungen, den Ausschaltern, den Sicherungen und unter Umständen auch an elektrischen Zündmaschinen auftreten. Ferner können glühende Drähte und, im Falle des Bruches, Glühlampen gefährlich werden; Bogenlampen sind es in jedem Falle. Man hat jedoch gelernt, die Gefahren der Elektrizität in hohem

Maße unschädlich zu machen, so daß durch die Elektrizität verschuldete Schlagwetterexplosionen außerordentlich selten sind.

Über die Entstehungsursachen der Schlagwetterexplosionen in den Jahren 1900—1905 gibt die folgende Tabelle Aufschluß:

Jahr	Gesamtzahl der Explosionen in ganz Preußen	Die Explosionen entstanden durch:					
		Gebrauch offener Grubenlampen	Benutzung von Feuerzeug oder durch unbefugtes Öffnen der Lampe	Gebrauch der Sicherheitslampe	Schießarbeit	Grubenbrand	Unbekannte Vorgänge
1900	59	11	5	29	13	—	1
1901	40	5	5	14	14	—	2
1902	22	1	1	11	9	—	—
1903	30	—	—	24	4	1	1
1904	35	2	3	16	11	2	1
1905	27	1	2	19	3	—	2
Summe:	213	20	16	113	54	3	7

56. — Erfolge in der Bekämpfung der Schlagwetterexplosionen. Schon die vorstehende Tabelle läßt eine deutliche Verminderung der Gesamtzahl der Explosionen seit 1900 erkennen. Noch klarer zeigen sich die erzielten Erfolge, wenn man die Zahl der durch Schlagwetterexplosionen getöteten Personen zu der Förderung für einen längeren Zeitraum in Beziehung setzt, wie dies im folgenden geschehen ist. Auf eine durch eine Schlagwetterexplosion zu Tode gekommene Person entfällt eine Förderung von:

539623 t im Durchschnitt der Jahre 1881—1890,
1100810 „ „ „ „ „ 1891—1900,
1717998 „ „ Jahre 1901,
11141426 „ „ „ 1902,
7784494 „ „ „ 1903,
10266703 „ „ „ 1904,
8706771 „ „ „ 1905,
oder 5063580 „ „ Durchschnitt der Jahre 1901—1905.

Danach hat sich die Sicherheit gegen Schlagwetterexplosionen seit den 1880er Jahren bis zu dem Jahrfünft 1901—1905 nahezu verzehnfacht.

57. — Beschaffenheit der Explosionsschwaden. Die Nachschwaden sind im allgemeinen durch Rauch und dichten Staub gekennzeichnet. Die chemische Zusammensetzung der Gase wechselt stark und muß verschieden sein, je nachdem es sich um eine reine Schlagwetter- oder um eine gemischte oder um eine reine Kohlenstaubexplosion gehandelt hat. Im Mittelpunkte der Explosion kann der Sauerstoff der Luft verbraucht worden sein, ohne daß dies aber überall der Fall sein wird. An manchen Punkten wird auch der Sauerstoff im Überschuß vorhanden gewesen sein. Durch den Explosionsschlag und den Rückschlag werden die Schwaden sofort mit frischer Luft durcheinander gewirbelt, so daß sich

ein gewisser Sauerstoffgehalt sehr bald nach der Explosion überall wieder findet.

Der Stickstoffgehalt wird, da ein Teil des Sauerstoffs zu Wasser verbrannt ist, verhältnismäßig erhöht erscheinen. Bei allen größeren Explosionen kann man auf die Mitwirkung des Kohlenstaubes und daher auf das Vorhandensein von Kohlenoxyd in den Schwaden sicher rechnen. Kohlensäure findet sich selbstverständlich stets. Ungefähr wird man folgende Zusammensetzung der Nachschwaden von gemischten Explosionen annehmen können:

80—85 % Stickstoff,
12—17 „ Sauerstoff,
4—7 „ Kohlensäure,
0,5—1,5 „ Kohlenoxyd.

Auch in starker Verdünnung mit Luft können solche Schwaden noch sehr giftig bleiben.

58. — **Mittel zur Erkennung der Schlagwetter. Analyse.** Die genaue Feststellung des Gehaltes der Wetter an Grubengas muß durch chemische Analyse erfolgen. Es werden zu diesem Zwecke Proben in Glasröhrchen genommen, die man durch Auslaufen von Wasser sich mit Gas erfüllen läßt. Insbesondere pflegt man durch regelmäßig sich wiederholende Proben den Gasgehalt einzelner Teilströme, sowie denjenigen des gesamten, ausziehenden Stromes zu überwachen, um so die Wirkung der Wetterführung und die CH_4-Entwickelung im Verhältnis zur Wettermenge sicher beurteilen zu können.

Für den Bergmann in der Grube genügt diese an sich unentbehrliche, nachträgliche Feststellung des Grubengasgehaltes aber nicht. Vielmehr muß er ein Mittel haben, das Vorhandensein von Grubengas unmittelbar feststellen und den Prozentgehalt, wenn auch nur in roher Weise, abschätzen zu können.

59. — **Sog. Indikatoren.** Von Leuten, die mit dem Bergbau und seinen Bedingungen nicht vertraut sind, werden immer von neuem sog. Schlagwetterindikatoren erfunden, die nach Ansicht der Erfinder alle Schlagwetterexplosionen unmöglich machen sollen. Mehrfach ist bei diesen Indikatoren die mit Osmose bezeichnete, physikalische Eigenschaft der Gase benutzt, die darin besteht, daß das spezifisch leichtere Gas schneller als ein schwereres poröse Scheidewände, wie Tonscheiben oder Tierhäute, durchdringt. Wenn man ein Gefäß, dessen obere Öffnung mit einer Tierhaut überspannt ist, aus gewöhnlicher, atmosphärischer Luft in ein Gasgemisch bringt, das spezifisch leichtere Gase, wie z. B. CH_4, enthält, so sucht sich die Gaszusammensetzung innerhalb und außerhalb des Gefäßes dadurch auszugleichen, daß CH_4 durch die Tierhaut in das Gefäß eindringt und aus diesem atmosphärische Luft entweicht. Die Wanderung des leichten Grubengases in das Gefäß geht durch die Haut schneller vor sich als die der schwereren Luft nach außen. So kommt es, daß in dem Gefäße zunächst ein Überdruck entsteht, der z. B. für die Betätigung einer Stromschlußeinrichtung an einer elektrischen Klingel benutzt werden kann.

Solche und andere, vielfach sehr sinnreich erdachte Apparate haben aber bisher keinen Eingang in die Praxis gefunden. Denn der Gedanke,

selbsttätige Warnvorrichtungen in der Grube überall da anzubringen, wo die Gefahr des Auftretens von schlagenden Wettern besteht, ist undurchführbar, weil diese Gefahr nur an wenigen Punkten ganz ausgeschlossen ist und weil die Baue in steter Veränderung und in ununterbrochenem Vorrücken begriffen sind.

60. — Die Sicherheitslampe als Erkennungsmittel für Schlagwetter. Das einzige Erkennungsmittel für schlagende Wetter, das sich

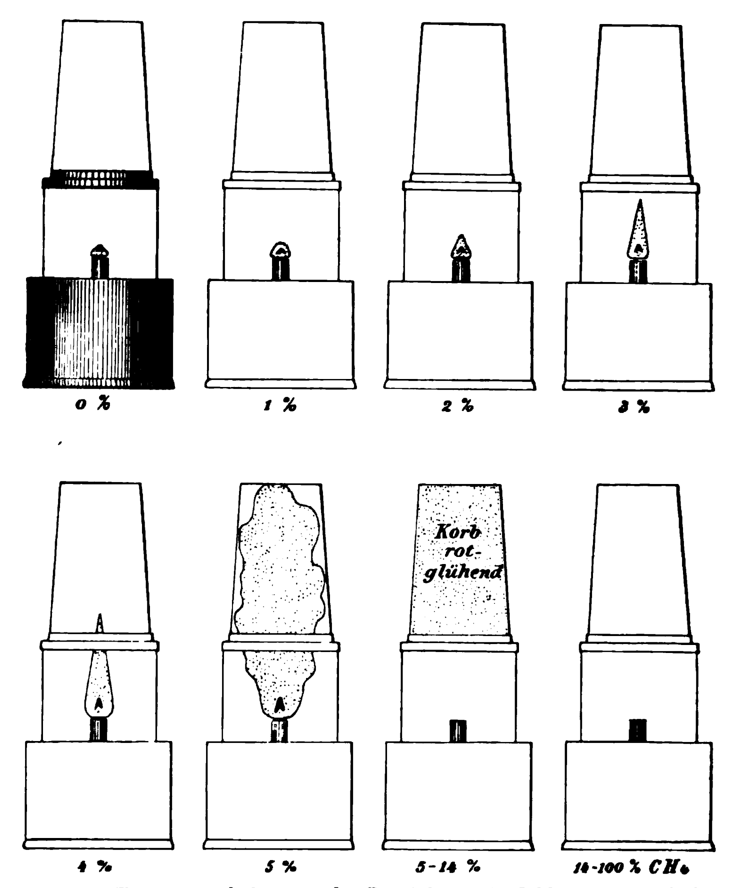


Fig. 438. Flammenerscheinungen der Benzinlampe in Schlagwettergemischen.

bisher als brauchbar in der Hand des Bergmannes erwiesen hat, ist die gewöhnliche Sicherheitslampe. Seitens der Grubenbeamten werden nebenher auch noch Lampen mit besonderer, für die Erkennung der Schlagwetter geschaffener Bauart mit gutem Erfolge benutzt.

Wenn die zur Lampenflamme tretende Verbrennungsluft CH_4 in geringen Mengen enthält, so wird dieses Grubengas innerhalb des Bereiches der Flamme mit verbrennen und wird eine Vergrößerung oder Verlängerung der Flamme bewirken. Glücklicherweise ist nun die Flammen-

vergrößerung eine mit dem Gesichte gut wahrnehmbare Erscheinung, die schon bei 1—2 % CH_4 in der Luft erkannt werden kann. Es bildet sich über dem ursprünglich vorhandenen, schmalen, blauen Flammensaum ein blaß hellblau gefärbter, durchsichtiger Flammenkegel (Aureole). Bei geringem Grubengasgehalte ist der Lichtkegel nur bei klein geschraubter Lampenflamme zu erkennen, weil er andernfalls von dem helleren Lampenlichte überstrahlt wird. Man tut deshalb gut, beim Ableuchten geringprozentiger Gemische die Lampenflamme möglichst klein einzustellen.

Die Sichtbarkeit des Lichtkegels ist bei Benzin- und bei Ölbrand verschieden. Bei Benzin, dessen Flamme eine größere Hitze liefert, sind Schlagwetter schon von 1 % Grubengasgehalt an zu erkennen. Die Erscheinungen sind in der Fig. 438 dargestellt. Bei 1 und 2 % ist die Flammenverlängerung nur gering. Bei 3 % CH_4 steht die Spitze des Flammenkegels etwas unter dem oberen Rand des Glaszylinders, bei 4 % einen Finger breit darüber, bei 5 % erreicht sie den Deckel des Drahtkorbes und breitet sich gleichzeitig aus; bei mehr als 5 % erlischt die eigentliche Lampenflamme, während die Schlagwetter im Korbe so lange fortbrennen, als frische Schlagwetter in den Korb nachströmen können, bei mehr als 14 % erlischt die Flamme ganz.

Bei Ölbrand sind die Erscheinungen ähnlich. Jedoch sind die Schlagwetter erst von 2 % an mit einiger Sicherheit zu erkennen.

61. — **Besondere Untersuchungslampen.** Bei den gewöhnlichen Benzin- und Öllampen wird die Beobachtung und die Feststellung geringerer Prozentsätze Grubengas durch die Leuchtkraft der Lampe gestört. Auch ist der Glaszylinder wegen seiner Spiegelung hinderlich. Geeigneter für das Abprobieren der Wetter auf Grubengas sind deshalb Lampen mit einem Brennmaterial, das zwar eine große Hitze entwickelt, aber wenig leuchtet. Ferner ist, wenn es sich sonst mit dem Charakter der Lampe verträgt, zweckmäßig, den Glaszylinder fortzulassen.

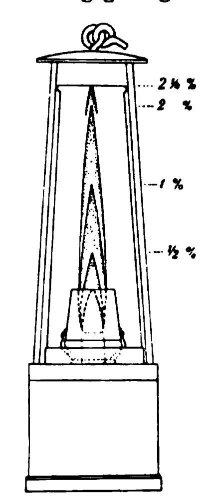


Fig. 439. Flammenerscheinungen der Pieler-Lampe in Schlagwettergemischen.

Eine solche Untersuchungslampe, die zwar scharf arbeitet, aber auch nur als Untersuchungslampe, nicht als Geleucht zu benutzen ist, ist die Pieler-Lampe (Fig. 439). Als Brennmaterial gebraucht man absoluten Alkohol oder Methylalkohol. Ein kleiner Blechschornstein verdeckt die eigentliche Flamme, so daß man durch den Lichtschein nicht geblendet wird. Ein Glaszylinder fehlt. Vor dem Abprobieren ist es zweckmäßig, die Flamme in grubengasfreier Luft so einzustellen, daß die Spitze des Flammenkegels mit der Oberkante des Blechschornsteins abschneidet. Man kann mit solcher Lampe schon ¼ % CH_4 in der Luft erkennen, bei 2¼ % erreicht die Spitze des Flammenkegels bereits den Deckel des Drahtkorbes.

Ganz besonders gut läßt die Schlagwetter eine Wasserstoffflamme erkennen, weil sie eine außergewöhnliche Hitze gibt und doch nur wenig leuchtet. Das Wasserstoffgas wird bei der Clowes-Lampe

und der Hempel-Lampe benutzt. Beide Lampen sind zunächst für gewöhnliche Leuchtzwecke mit dem üblichen Benzin- oder Ölbrand ausgerüstet, gestatten aber außerdem die Entzündung einer seitlich des Hauptbrenners angeordneten Wasserstoffflamme. Beim Abprobieren wird die Leuchtflamme zum Verlöschen gebracht.

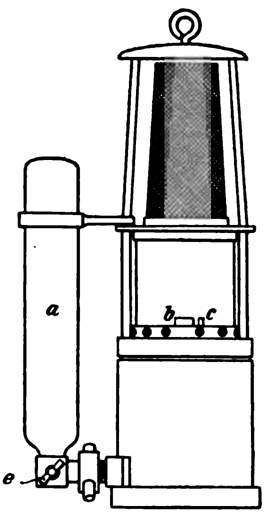


Fig. 440. Clowes-Lampe.

Die Fig. 440 zeigt schematisch die Ausführung der Clowes-Lampe. In dem seitlich als Griff angebrachten Behälter *a* befindet sich stark verdichteter Wasserstoff, der für eine große Anzahl von Untersuchungen ausreicht; *b* ist der Haupt- und *c* der Wasserstoffbrenner. Ist der Wasserstoffvorrat erschöpft, so muß der Behälter neu gefüllt werden.

Ähnlich ist die Hempel-Lampe. Jedoch wird hier der für die Untersuchungsflamme nötige Wasserstoff in dem seitlich an der Lampe angebrachten Behälter selbst durch verdünnte Schwefelsäure und Zink nach Maßgabe des Verbrauchs an Gas erzeugt. Die Neufüllung des Behälters mit den Chemikalien kann leicht auf der Grube vorgenommen werden.

Von den drei genannten Untersuchungslampen hat sich in Deutschland nur die Pieler-Lampe in größerem Umfange eingebürgert.

Etwas über die physikalischen Verhältnisse der Grubenwetter.

62. — Gewicht der Grubenwetter. Das oben für 1 cbm Luft angegebene Gewicht von 1,293 kg kann für die bestimmten Verhältnisse einer Grube nicht zutreffen, da wohl nie die Voraussetzungen von 0 ° C., 760 mm Druck und völliger Trockenheit für Grubenwetter gegeben sein werden.

Es ist bisweilen notwendig, das Gewicht der Grubenwetter zu be rechnen. Um dies für einen bestimmten Fall tun zu können, muß man als ausschlaggebende Einflüsse die Temperatur, den Barometerdruck und den Feuchtigkeitsgehalt der Grubenwetter kennen. Der Gehalt an fremden Gasen, insbesondere an Kohlensäure und Grubengas, spielt für das Gewicht eines Kubikmeters Grubenwetter in der Regel nur eine sehr geringe Rolle. Zum Teil gleicht sich das höhere Gewicht der Kohlensäure gegen das niedrigere des Grubengases aus.

Der Ausdehnungskoeffizient der Gase wird gewöhnlich mit α bezeichnet und ist $^1/_{273}$ desjenigen Volumens, das ein Gasgemenge bei 0 ° C. einnimmt. Ein Gasvolumen V_0 von 0° wird sich bei Erwärmung um t^0 ausdehnen auf ein Volumen von:

$$V_0 + V_0 \cdot \alpha \cdot t$$

oder, anders ausgedrückt, von:

$$V_0 (1 + \alpha t).$$

Setzen wir:

$$V_0 = 1,$$

so haben wir allgemein bei der Erwärmung um t^0 eine Volumenvermehrung um das $(1 + \alpha t)$fache.

Ein Raumteil von einem Gase, das sich auf das Doppelte und Dreifache seines Volumens bei 0° ausgedehnt hat, kann nur noch $^1/_2$ oder $^1/_3$ des Gewichtes bei 0° wiegen. Ein Raumteil eines Gases, das sich um das $(1 + \alpha t)$fache ausgedehnt hat, wiegt nur noch den entsprechenden Teil des ursprünglichen Gewichtes.

Da 1 cbm Luft bei 0° und 760 mm Druck 1,293 kg wiegt, wird 1 cbm Luft, die bei gleichem Druck um t^0 erwärmt ist, nur noch $\frac{1,293}{1 + \alpha t}$ kg wiegen.

Bei sinkendem Luftdrucke dehnt sich die Luft entsprechend aus, und das Gewicht eines bestimmten Raumteils sinkt. Bei nur 1 mm Luftdruck würde das Gewicht von 1 cbm Luft $\frac{1,293}{(1 + \alpha t)\,760}$ kg betragen und bei H mm Luftdruck $\frac{1,293 \, . \, H}{(1 + \alpha t)\,760}$ kg.

Nun bleibt noch der Wasserdampf zu berücksichtigen. Hat man den Sättigungsgrad festgestellt, so kennt man aus der Tabelle auf S. 442 auch die entsprechende Spannung des Wasserdampfes, die wir mit f bezeichnen wollen. Diese Spannung ist zunächst von dem abgelesenen Barometerstande H in Abzug zu bringen, um das Gewicht von 1 cbm Luft ohne Wasserdampf zu erhalten. Dieses ist:

$$\frac{1,293\,(H - f)}{(1 + \alpha t)\,760}\ \text{kg}.$$

Hierzu kommt sodann noch das dem Sättigungsgrade entsprechende Gewicht des Wasserdampfes nach der Tabelle auf S. 442.

Beispiel: Was wiegt 1 cbm mit Feuchtigkeit gesättigter Luft bei 20° C. und 767,4 mm Barometerstand?

$$\frac{1,293\,(767,4 - 17,4)}{\left(1 + \frac{20}{273}\right)760} + 0,0169 = 1,206\ \text{kg}.$$

Das Gewicht von 1 cbm Luft des ausziehenden Wetterstromes, der ja in der Regel warm und mit Feuchtigkeit gesättigt ist, pflegt man auf 1,2 kg anzunehmen.

63. — Volumenvermehrung der Grubenwetter. Wenn man Messungen über die Menge der ein- und ausziehenden Wetter anstellt, so macht man die auf den ersten Blick überraschende Beobachtung, daß gewöhnlich die ausziehende Wettermenge bedeutend größer als die einziehende ist. Es hat also eine Volumenvermehrung der Grubenwetter stattgefunden.

Beispielsweise betrug im Jahre 1900 auf 33 Gruben des Ruhrbezirks die einziehende Wettermenge 100521 cbm, dagegen die ausziehende Wetter-

menge (unter Tage) 110156 cbm, so daß sich eine Zunahme von 9635 cbm oder 9,4 % des Einziehstromes ergibt.

Diese Volumenvermehrung der Grubenwetter ist in erster Linie auf die eintretende Erwärmung und die Wasserdampfaufnahme, sodann aber auch auf die Aufnahme fremder Gase, auf die Wirkung der Depression und des verschiedenen Luftdruckes an den Messungspunkten zurückzuführen.

Die Wirkung der Temperaturerhöhung macht leicht folgendes Beispiel klar. Die Wetter fallen im Jahresdurchschnitt mit 9° C. ein und sollen auf der Wettersohle, wo die Messung des ausziehenden Stromes stattfindet, 25° C. besitzen. Durch diese Temperaturerhöhung nimmt nach dem Gay-Lussacschen Gesetze das Volumen im Verhältnis der absoluten Temperaturen, also wie (273 + 9) : (273 + 25) oder wie 282 : 298 zu. Das ist eine Volumenvermehrung von 16 auf 282 oder von 5,67 %.

Nun ist weiter der höhere Feuchtigkeitsgehalt zu berücksichtigen. Für die eintretende Luft ist durchschnittlich 75 % Sättigung, also bei 9° C. 6,05 mm Spannung und für die ausziehenden Wetter volle Sättigung, also bei 25° C. 23,55 mm Spannung anzunehmen. Wir haben also eine höhere Spannung des Wasserdampfes von 17,5 mm, die im geschlossenen Raume den Luftdruck von z. B. 760 mm auf 777,5 mm steigern würde. Da aber der Druck derselbe bleibt, kommt die vergrößerte Spannung in einer entsprechenden Ausdehnung oder Vergrößerung des Volumens zum Ausdruck. Diese Volumenvermehrung beträgt somit 17,5 auf 760 oder 2,3 %.

Die Volumenvermehrung der Grubenwetter, die auf Erwärmung und Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes zurückzuführen ist, wird im Winter größer sein als im Sommer; ebenso wird sie in heißen und tiefen Gruben größer sein müssen als in flachen und kühlen.

Die Vermehrung der Grubenwetter durch ausströmende Gase ist nicht sonderlich groß. An erster Stelle wird auf Steinkohlengruben das Grubengas stehen, dessen Gehalt im ausziehenden Strome auf $^1/_2$ % und darüber steigen kann, in der Regel freilich weniger beträgt. Die Aufnahme an Kohlensäure pflegt in der Hauptsache mit einer entsprechenden Verminderung des Sauerstoffs Hand in Hand zu gehen. Diejenige Menge Kohlensäure, die in Kohle oder Gestein bereits vorhanden ist und zur Ausströmung gelangt, ist verhältnismäßig gering, ebenso wie die Ausströmung sonstiger Gase (Stickstoff, Wasserstoff) praktisch ohne Bedeutung sein wird.

Auch die Sprengarbeit liefert nur wenig Gase im Verhältnis zur Gesamtwettermenge. Eine Grube mit 2000 t täglicher Förderung verbraucht hierfür ungefähr 160 kg Sprengstoffe, die, abgesehen vom Wasserdampfe, nur etwa 400 l Gase je 1 kg, insgesamt also 64 cbm in 24 Stunden liefern. Diese Menge spielt gegenüber der Gesamtwettermenge keine Rolle.

Viel bedeutender ist der Einfluß der Druckluftzufuhr. Der Kompressor einer Grube von 2000 t Förderung mag, gering geschätzt, immerhin 3000 cbm Luft stündlich ansaugen und in die Grube befördern. Bei 14 stündigem Betriebe des Kompressors am Tage sind das schon 42000 cbm, während der Gesamtwetterbedarf der Grube in 24 Stunden sich vielleicht auf rund 5200000 cbm (= 3600 cbm minutlich) stellt. Die

ausströmende Druckluft würde bei dieser Annahme also etwa 0,8 % der Gesamtwettermenge betragen.

Im großen Durchschnitt wird man die Wettervermehrung durch Ausströmung des Grubengases, der Kohlensäure und anderer Gase, durch Sprengarbeit und durch Druckluftzufuhr auf etwa 1 % schätzen können.

Schließlich stehen die Wetter bei der meist üblichen, saugenden Bewetterung in der Nähe des ausziehenden Schachtes unter höherer Depression, also unter geringerer Spannung als im einziehenden Strome. Es ergibt sich somit ein Spannungsunterschied der Luft, der eine Volumenvermehrung für den ausziehenden Strom im Gefolge haben wird. Dieser Spannungsunterschied erscheint noch bedeutender, wenn man, wie es häufig der Fall ist, die Messungen im einziehenden Strome auf einer tieferen Sohle als im ausziehenden Strome vornimmt. Ein Höhenunterschied von 100 m ergibt z. B. für den ausziehenden Strom einen $\frac{100\,000}{773}$ = rund 130 mm Wassersäule niedrigeren Druck. Rechnet man die Ventilatordepression hinzu, so wird der Druckunterschied leicht 200 mm erreichen, die bei einem Atmosphärendrucke von 10300 mm Wassersäule nahezu 2 % ausmachen, also eine entsprechende Volumenvermehrung bewirken müssen.

Bei den angenommenen Beispielen haben wir folgende Volumenvermehrung gefunden:

5,67 %	durch	Erwärmung,
2,30 „	„	Wasserdampfaufnahme,
1,00 „	„	zuströmende Gase (insbesondere Druckluft),
2,00 „	„	Druckverminderung im ausziehenden Strom.
Summe: ~ 11,00 %.		

III. Der Kohlenstaub.

64. — Allgemeines. In ganz ähnlicher Weise wie ein Schlagwettergemisch ist Kohlenstaub, in der Luft aufgewirbelt, explosionsfähig. Es ist deshalb notwendig, an dieser Stelle auch auf die Kohlenstaubgefahr einzugehen. Für die Explosionsfähigkeit von Kohlenstaubaufwirbelungen in atmosphärischer Luft lassen sich ähnlich bestimmte Angaben wie für Schlagwetter nicht machen. In den Versuchsstrecken kann man Kohlenstaubexplosions-Erscheinungen schon bei einem geringen, nicht sonderlich auffälligen Kohlenstaubgehalte der Luft erzielen. Anderseits sind Kohlenstaubexplosionen in den dichtesten, durch Aufwirbelung sich ergebenden Staubwolken möglich, wobei dann natürlich bei weitem der größte Teil des Staubes unverbrannt bleibt.

Man hat früher zwischen gefährlichem und nicht gefährlichem oder explosiblem und nicht explosiblem Kohlenstaub unterschieden. Eine solche Unterscheidung ist unberechtigt. Jeder wirkliche Kohlenstaub ist gefährlich, falls er tatsächlich staubförmig auftritt, also von der Luft getragen wird. Eine in Kohlenstaubwolken einmal eingeleitete Explosion kann sich auf unbegrenzte Entfernungen hin fortpflanzen. Zu beachten ist aber, daß viele Gruben und Grubenabteilungen tatsächlich keinen Staub

führen, weil entweder die Kohle nicht zur Staubbildung neigt oder weil diese durch die natürliche Nässe verhindert wird.

Die Erscheinung der Staubexplosion ist auch sonst nicht unbekannt. In Mühlen ereignen sich bisweilen heftige und gefährliche Mehlstaubexplosionen. In Braunkohlenbrikettfabriken, in denen viel feiner, trockener Braunkohlenstaub vorhanden ist, kommen häufig verhängnisvolle Staubexplosionen vor. Um die Explosion einzuleiten, genügt hier schon offenes Licht oder das Auftreten von glühenden Funken. Gewöhnlicher Steinkohlenstaub explodiert unter solchen Umständen noch nicht, sondern bedarf eines kräftigeren Anstoßes.

65. — Entstehungsursachen von Staubexplosionen auf Steinkohlengruben. Aufwirbelungen höchst feinen Fettkohlenstaubes konnten auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Gelsenkirchen weder durch kräftige elektrische Lichtbögen, noch durch offene Lampen, noch durch ein lebhaftes Schmiedefeuer zur Explosion gebracht werden.

Damit ist freilich ein anderes Verhalten besonders gefährlicher Staubsorten nicht unter allen Umständen ausgeschlossen. Auf einer englischen Grube soll beim Reinigen eines Kohlenvorratsturmes durch offenes Licht eine starke Kohlenstaubexplosion entstanden sein. Explosionen unter Tage, die nachweislich durch offenes Geleucht ohne Mitwirkung von Grubengas entstanden wären, sind bisher nicht mit Sicherheit bekannt geworden.

Die nachweisbaren Ursachen von Kohlenstaubexplosionen unter Tage sind entweder Sprengschüsse oder Schlagwetterexplosionen. Beide Ursachen haben die Plötzlichkeit der Flammenwirkung und gleichzeitig eine erhebliche Druckerhöhung am Ursprungsorte der Explosion gemeinsam.

66. — Gefährlichkeit verschiedener Staubsorten. Bei den vorkommenden Steinkohlensorten hängt die Gefährlichkeit in erster Linie von der Feinheit des vorhandenen Staubes ab. Je feiner der Staub ist und je leichter er von der Luft getragen wird, desto gefährlicher ist er.

Ferner ist die chemische Zusammensetzung des Staubes von Einfluß. Bergassessor Winkhaus hat fast sämtliche, in Westfalen vorkommende Staubsorten Explosionsversuchen unterworfen. Nach Aufwirbelung des betreffenden Staubes in der Versuchsstrecke feuerte er aus dem Bohrloche des Schießmörsers unbesetzte Gelatinedynamitschüsse ab und ermittelte so die kleinsten Ladungsmengen, die den in der Strecke jeweilig vorhandenen Kohlenstaub noch zur Entzündung brachten. Die Ladungen konnten um so kleiner ausfallen, je leichter entzündlich der Staub war.

Der Gasgehalt dieser Kohlenstaubsorten schwankte zwischen 6,6—45,7 %. Es waren also Staubsorten von der Magerkohle an bis zu den gasreichsten Gaskohlen, den sog. Cannelkohlen. Der Staub wurde künstlich durch Vermahlen hergestellt, da es nicht möglich war, denselben auf allen Flözen unter Tage in genügender Menge zu sammeln.

Alle versuchten Staubsorten waren explosionsfähig. Fettkohlenstaub mit etwa 25—30 % Gasgehalt verhielt sich am gefährlichsten und wurde schon durch Ladungen von 50—75 g Gelatinedynamit zur Explosion gebracht. Bei einem höheren sowohl wie bei einem niedrigeren

Gasgehalte des Staubes nimmt die Gefährlichkeit ab. Magerkohlenstaub bedurfte, um zur Explosion gebracht zu werden, Mindestladungen von etwa 150 g, Eßkohlenstaub Ladungen von 75—100 g und der gasreiche Gas- und Gasflammkohlenstaub solcher von ungefähr 100 g.

Unterschiede in dem Feuchtigkeitsgehalte des Kohlenstaubs sind von geringer Bedeutung, so lange nur der Staub seine Natur als Staub behält und noch von der Luft getragen wird.

67. — **Erscheinungen bei Kohlenstaubexplosionen.** Bezeichnend für Kohlenstaubexplosionen ist die eintretende Verkokung des Staubes. Ob nach der Explosion sichtbare Koksspuren hinterbleiben, hängt von der Backfähigkeit der Kohle ab. Fettkohlenstaub liefert große, zusammenhaftende Kokskrusten. Nicht backender Kohlenstaub fühlt sich nach der Explosion scharf und gleichsam sandig an und hat seine Weichheit verloren.

Die Frage, welche chemischen Vorgänge bei der Kohlenstaubexplosion vor sich gehen, ob nur eine Verbrennung der bei der Entgasung des Kohlenstaubs entstehenden Gase erfolgt oder ob z. T. der Staub selbst unmittelbar verbrennt, ist nicht ganz geklärt. Diese Frage ist aber unerheblich angesichts der Tatsache, daß jeder Kohlenstaub zu Explosionen Veranlassung geben kann. Da in trockenen Gruben häufig der Staub allgemein verbreitet ist, so ist auch die Kohlenstaubgefahr viel allgemeiner als z. B. die Schlagwettergefahr. Daß überall in der Grube sich explosible Schlagwettergemische befinden, ist undenkbar. Wohl aber ist es möglich, und solche Fälle sind vorgekommen, daß infolge des Vorhandenseins von Kohlenstaub eine eintretende Explosion sich über alle oder nahezu sämtliche Grubenbaue erstreckt hat. Man kann jetzt mit Sicherheit sagen, daß alle größeren Grubenexplosionen unter der Mitwirkung von Kohlenstaub sich abgespielt haben, wobei es im Einzelfalle nur fraglich bleibt, ob es sich um eine reine Kohlenstaub- oder eine gemischte Explosion gehandelt hat. Eine einwandfreie Antwort auf diese Frage ist in der Regel nur für solche Gruben zu geben, auf denen Schlagwetter überhaupt unbekannt sind.

68. — **Statistik der Kohlenstaubexplosionen.** Die amtliche preußische Statistik scheidet erst seit dem Jahre 1903 die reinen Kohlenstaubexplosionen von den Schlagwetterexplosionen. Als reine Kohlenstaubexplosionen sind bisher folgende gezählt worden.

Reine Kohlenstaubexplosionen.

Jahr	Gesamtzahl der Explosionsfälle	Dabei verunglückte Personen			Betroffene Gruben
		tot	verletzt	zusammen	
1903	1	23	—	23	1
1904	4	8	9	17	4
1905	6	7	8	15	6

Hierzu ist zu bemerken, daß vielleicht die Zahl der reinen Kohlenstaubexplosionen noch größer war, da ein Teil irrtümlich zu den Schlagwetterexplosionen gezählt sein mag.

69. — Bekämpfung der Kohlenstaubgefahr. Während man Schlagwetter am besten dadurch bekämpft, daß man sie durch einen genügend starken Wetterstrom verdünnt und aus der Grube führt, versagt dieses Mittel beim Kohlenstaub. Man kann sogar sagen, daß ein starker Wetterstrom die Kohlenstaubgefahr erhöht. Denn er trocknet die Grube aus, führt den Staub mit sich fort, verbreitet ihn und trägt ihn auch dahin, wohin er ohne den starken Luftstrom nicht gekommen wäre.

Das einzige sichere Mittel, die Kohlenstaubgefahr zu verringern oder zu beseitigen, ist die Anwendung des Wassers. Man kennt hierfür zweierlei Verfahren, dasjenige der Stoßtränkung und das der Berieselung.

Wenn auch das von dem Geheimen Oberbergrat Meißner angegebene Stoßtränkverfahren nicht mehr in Anwendung steht, so ist es doch so interessant, daß es kurz besprochen werden muß. Es geht von dem Gedanken aus, die Staubbildung überhaupt zu verhüten, indem der Staub noch vor der Entstehung, also schon im Flöze selbst unschädlich gemacht wird.

Zu diesem Zwecke bohrt man — am besten vor Beginn der Nachtschicht — in die demnächst zu gewinnenden Kohlenstöße Löcher von etwa 1 m Tiefe. In diese wird durch einen den abdichtenden Verschluß bildenden Holzpfropfen ein Eisenrohr eingeführt, das mit der Wasserleitung verbunden wird. Man läßt nun durch die Rohre Druckwasser in die Bohrlöcher eintreten, das ungefähr 8 Stunden lang auf die Kohle einwirkt. Es dringt auf den feinsten Klüften und Spalten in die Kohle ein, durchfeuchtet und durchtränkt sie so weit, daß bei der danach erfolgenden Gewinnung kein Staub mehr fällt.

Bei günstiger Beschaffenheit der Kohle ist das Verfahren in der beschriebenen Weise und mit dem gewünschten Erfolge durchführbar. Bei sehr harter Kohle aber dringt das Wasser nicht in nennenswertem Maße in die Kohle ein, so daß diese schon in geringer Entfernung vom Bohrloche trocken bleibt. Bei klüftiger Kohle entweicht das Wasser zu schnell, ohne die Kohle genügend zu durchfeuchten.

Die Berieselung ist auf den meisten westfälischen und den Saarbrücker Gruben durchgeführt. Hierfür sind die Gruben mit Spritzwasserleitungen ausgerüstet, mittels deren die in Betrieb befindlichen Grubenbaue und die benutzten Strecken zur Vermeidung einer Ablagerung von trockenem Kohlenstaub nach Bedürfnis befeuchtet werden können.

An gefährdeten Betriebspunkten ist es wichtig, die Firste und die Stöße des Arbeitsortes naß zu halten. Bei den Versuchen in den Versuchsstrecken hat sich nämlich gezeigt, daß Kohlenstaubexplosionen in nassen Strecken kaum einzuleiten sind oder daß sie doch zu keiner eigentlichen Entfaltung kommen. In Strecken mit vollkommen nassen Wandungen kann man trotz Aufwirbelung trockenen Kohlenstaubes auf die gewöhnliche Weise durch ausblasende Schüsse Staubexplosionen nicht erzielen. Die von allen Seiten einwirkende Abkühlung ist so groß, daß die Flamme in sich zusammensinkt und die Explosion ihre Fortpflanzungsfähigkeit verliert. Damit steht im Einklange, daß bei allen größeren

Grubenexplosionen stets die Explosion an nassen Feldesteilen zum Stillstand gekommen ist.

70. — **Ausführung der Berieselungsanlage.** Das für die Berieselung benutzte Wasser pflegt entweder Deckgebirgswasser zu sein, das hinter der Schachtverkleidung abgezapft wird, oder man sammelt es aus den Zuflüssen der oberen Sohlen in Vorrats- und Klärbehältern. Wo dieses Wasser nicht ausreicht, benutzt man auch Leitungswasser. Letzteres kostet im Ruhrbezirke etwa 6 Pf. je Kubikmeter. Mergel- und Leitungswasser sind reiner als das gesammelte Grubenwasser.

Ein geringer Salzgehalt ist für die Berieselung unschädlich. Bei höheren Gehalten an löslichen, festen Bestandteilen bilden sich Ansätze, die Verstopfungen im Gefolge haben. Sehr schädlich wirken saure Wasser, da sie die Leitungen zerfressen.

Der Wasserbedarf für Berieselungszwecke schwankt von etwa 20—100 l je Tonne geförderte Kohle. Die genaue Feststellung ist schwierig, weil das Wasser vielfach und manchmal sogar hauptsächlich auch für andere Zwecke (Betrieb von Motoren und Strahlapparaten, Tränken der Pferde) benutzt wird.

Aus den Behältern tritt das Wasser in die Leitungen. Die Rohrweiten sind so zu wählen, daß nach Fertigstellung des Rohrnetzes die Wassergeschwindigkeit voraussichtlich 1 m nicht zu überschreiten braucht. Gewöhnlich genügt:

in den	Schächten eine lichte Rohrweite . .	von 80—120	mm,
„ „	Querschlägen und Grundstrecken . .	„ 80	„
„ „	Bremsbergen	„ 50	„
„ „	Abbaustrecken	„ 20—25	„ .

Die Rohre sind zumeist überlappt geschweißt und werden zweckmäßig vor der Benutzung auf Druck geprüft. Die Verbindung der Rohre zu Leitungen erfolgt fast allgemein und am besten durch Flanschen. Gewinderohre sind zwar billiger und haben auch den Vorteil des bequemeren ersten Einbaues. Sie lassen sich aber schwieriger dicht halten, und das Auswechseln einzelner Stücke ist recht umständlich.

Vorteilhafterweise erhalten die Rohre eine innere und äußere Verzinkung oder einen äußeren Asphaltüberzug. Letzterer soll die Rohre namentlich gegen die Einwirkungen von Tropfwasser schützen.

Das Kaltbiegen der Rohre zum Zwecke des Verlegens ist bei scharfen Krümmungen nicht empfehlenswert. Für rechtwinklige Biegungen wendet man gewöhnlich gußeiserne oder schmiedeeiserne Krümmer an. Im übrigen werden nach Bedarf Absperrvorrichtungen, Abzweigestücke, Schlauchansätze, Drei- und Vierwegestücke in die Leitung eingeschaltet.

Zur Absperrung dienen gewöhnlich bei den weiteren Rohren Schieber, bei Rohren von 30—60 mm Durchmesser Ventile und bei den engeren Rohrleitungen neben den Ventilen auch Hähne. Am dichtesten lassen sich die Ventile halten; Schieber und Hähne sind aber einfacher und billiger, auch behindern sie den Wasserdurchgang weniger. Bei plötzlichem Schluß veranlassen Hähne leicht Wasserschläge.

Für die Berieselung braucht man bis zu 10 m lange Handschläuche aus Gummi, welche in Abbauen bleibend angeschlossen sind und in den

Strecken je nach Bedarf bald hier, bald dort durch Hydranten mit der Leitung verbunden werden.

Als Betriebsdruck an der Verwendungsstelle sind 5—10 Atmosphären reichlich genug. Man findet aber vielfach einen sehr viel höheren Druck, da man ihn für die verschiedenen Sohlen nicht ohne weiteres heruntersetzen kann. Um den Druck nicht allzu hoch steigen zu lassen, haben manche Gruben auf jeder Sohle einen Wasser-Sammelbehälter für die Berieselung der nächst tieferen Sohle angelegt.

Die Gesamtlänge der Berieselungsleitungen einer Grube schwankt naturgemäß in weiten Grenzen. Während sie für viele Schachtanlagen 25000—40000 m beträgt, steigt sie aber auch weit darüber hinaus und belief sich z. B. auf Zeche Shamrock I/II im Jahre 1903 schon auf 136700 m. Die Anlagekosten sind auf etwa 2,50—3,00 M. je lfd. Meter anzunehmen.

Die Betriebskosten betragen durchschnittlich etwa 10 Pf. je Tonne Förderung. Für Westfalen werden die Kosten auf 3—16 Pf., für Saarbrücken auf 6—13 Pf. berechnet.

71. — **Vor- und Nachteile der Berieselung.** Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß durch die Berieselung die Explosionsgefahr auf den Steinkohlenbergwerken außerordentlich verringert wird. Es beweisen dies die auf S. 468 mitgeteilten Zahlen. Die Einführung der Berieselung fällt etwa in die Jahre 1898—1900, so daß man wohl berechtigt ist, einerseits das Jahrzehnt 1891—1900 mit durchschnittlich 1100860 t jährlicher Förderung auf eine durch Grubenexplosionen getötete Person mit dem Jahrfünft 1901—1905 mit 5063580 t auf eine tödliche Verunglückung in Vergleich zu stellen. Der Unterschied würde noch mehr in die Augen fallen, wenn nur die Förderung der Steinkohlenbezirke mit Schlagwettergefahr — also unter Ausschluß Oberschlesiens — berücksichtigt worden wäre. Seit der Einführung der Berieselung ist in Westfalen ein Massenunglück infolge einer Grubenexplosion nicht mehr vorgekommen, und es steht zu hoffen, daß dem so bleiben wird.

Dieser Erfolg ist erreicht, ohne daß die Sprengarbeit in unwirtschaftlicher Weise hätte vermindert werden müssen.

Sieht man von der Explosionsgefahr ab, so ist im übrigen der Einfluß der Berieselung auf den Grubenbetrieb teils günstiger und teils ungünstiger Art.

Günstig ist, daß man im Druckwasser überall in der Grube eine bequeme und billige Antriebskraft zur Hand hat, die für die verschiedentlichen Betriebszwecke, namentlich aber für die Wetterführung, häufig und mit Leichtigkeit ausgenutzt wird. Die Sonderbewetterung hat, gestützt auf das Berieselungsrohrnetz, eine früher ungeahnte Verbreitung gefunden. Die Bewetterung von Streckenbetrieben (Querschlägen, Grundstrecken, Aufhauen) hat einen großen Teil ihrer früheren Schwierigkeiten verloren.

Auch für die maschinelle Bohrarbeit bedeutet das Vorhandensein von Druckwasser zum Ausspritzen der Bohrlöcher und zur Niederschlagung des Staubes eine große Annehmlichkeit.

Gut und nützlich wirkt die Berieselungsleitung im Hinblick auf die Brandgefahr. Manch ein Grubenbrand, der andernfalls schweren, wirtschaftlichen Schaden für die Grube im Gefolge gehabt hätte, hat im Keime erstickt werden können.

In hygienischer Beziehung hat die Berieselung durch Beseitigung des bei der Kohlengewinnung im Übermaß sich entwickelnden Staubes gute Dienste getan. Hierhin gehört auch die durch die Berieselung eintretende Herabkühlung der Temperatur. Die spezifische Wärme der Luft bei atmosphärischem Drucke beträgt rund 0,24 gegen eine spezifische Wärme von 1,00 beim Wasser. Das bedeutet, da 1 kg Luft = 773 l sind, daß der Erwärmung von 1 l oder 1 kg Wasser um 1° C. eine Abkühlung von $\frac{773 . 100}{24} = 3221$ l oder 3,221 cbm Luft ebenfalls um 1° C. entspricht. Da das aus dem Deckgebirge stammende Wasser häufig in der Grube um 10° oder mehr erwärmt werden wird, kann bei warmen Betriebspunkten durch ausgiebige Verwendung des Wassers eine namhafte Herabkühlung der Temperatur erzielt werden.

Den Vorteilen der Berieselung stehen allerdings auch, abgesehen von den Kosten, mannigfache Nachteile gegenüber.

Die vermehrte Feuchtigkeit hat häufig ein Quellen des Nebengesteins zur Folge. Der Druck wird vorzeitiger rege, die Kosten für Holz und Ausbau der Strecken steigen, und unter Umständen kann die Bauwürdigkeit gewisser Flöze in Frage gestellt werden. Bei steiler Lagerung kann, wenn das quellende Gebirge dazu neigt, sich in Schalen zu lösen, eine erhöhte Stein- und Kohlengefahr eintreten. In solchen Fällen hat bereits die Bergbehörde Ausnahmen von der Verpflichtung der Befeuchtung erlassen.

Die Gefahr der Wurmkrankheit wird durch Zufuhr von Wasser in sonst vielleicht trockene Grubenräume erhöht.

Die Sättigung der Luft mit Wasserdampf wird beschleunigt, wodurch die Arbeitsfähigkeit des Menschen vermindert wird. Es wird so der Vorteil der Kühlung der Grubenwetter zum Teil wieder ausgeglichen.

Nicht zu bezweifeln ist ferner, daß die Kohlen infolge der Berieselung unansehnlicher werden und daß sie bei Frostwetter in den Förderwagen, Vorratstürmen und Eisenbahnwagen leichter zusammenfrieren.

Trotzdem wird man in gerechter Abwägung der Vor- und Nachteile sagen müssen, daß die Berieselung nicht allein segensreich mit Bezug auf Verhütung der Unfälle gewirkt hat, sondern daß sie für manche Gruben auch vom rein wirtschaftlichen Standpunkte mehr Nutzen als Schaden gebracht hat.

IV. Die Bewegung der Wetter.

A. Der Wetterstrom und seine Verhältnisse.

72. — Das Wesen des Wetterstromes. Für die Zwecke der Bewetterung eines Grubengebäudes muß ein ununterbrochen fließender Wetterstrom erzeugt werden. Das Grubengebäude muß hierfür mindestens

eine einziehende und eine ausziehende Tagesöffnung haben. Von der einen zur anderen soll der Strom seinen bestimmten, vorgeschriebenen Weg benutzen. Denjenigen Teil des Stromes, der zwischen der einziehenden Tagesöffnung und den Abbaubetrieben liegt, nennen wir den *einziehenden Strom*, dagegen die Fortführung bis zur zweiten Tagesöffnung den *ausziehenden*.

Die Bewegung der Luft oder der Wetterzug geht wie jede Bewegung eines Körpers hervor aus der Störung des Gleichgewichts. Im ein- und ausziehenden Strom kann deshalb nicht ein einheitlicher, gleichmäßiger Luftdruck herrschen. Vielmehr muß der Druck in der Richtung des ausziehenden Stromes geringer werden, damit die Luft dorthin, getrieben von dem höheren Drucke im einziehenden Strome, nachfließt. Sorgt man dafür, daß die Gleichgewichtsstörung oder der Druckunterschied in dem Wetterstrome dauernd bestehen bleibt, so dauert auch der Wetterzug an, weil die Luft ununterbrochen das Gleichgewicht wieder herzustellen sucht. Der Wetterstrom fließt also, weil die Luftspannung auf dem ganzen Wege sinkt oder weil ein Gefälle, ähnlich demjenigen eines Flusses, besteht.

73. — Die Wassersäule als Maßstab für die Druckunterschiede. Die Druckunterschiede des Wetterstromes werden in der Regel nicht in Millimetern Quecksilbersäule ausgedrückt, weil dieser Maßstab zu klein und deshalb für die zu messenden Größen nicht genau und scharf genug wäre, sondern man gibt die Spannungsunterschiede in Millimetern Wassersäule an. Die Benutzung der Wassersäule zur Angabe von Druckunterschieden ist besonders bequem, weil jedes Millimeter dem Drucke von 1 kg auf 1 qm entspricht.

74. — Das Gefälle des Wetterstromes. Schematisch ist das Bild des Spannungsgefälles in einem Wetterstrome in der Fig. 441 dargestellt. Nach der oberen Abbildung soll Luft durch eine Rohrleitung mittels eines Ventilators geblasen werden, und der Ventilator möge gegenüber dem atmosphärischen Drucke einen Überdruck erzeugen, der, unmittelbar am

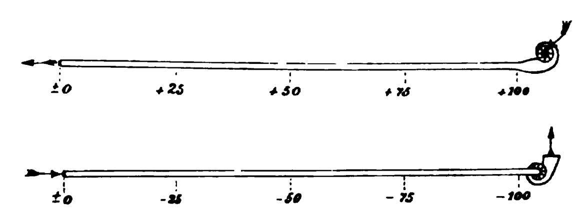


Fig. 441. Schema des Spannungsgefälles in einem Wetterstrom.

Ventilator gemessen, 100 mm beträgt. Der Überdruck wird nach der Ausströmöffnung hin allmählich geringer und ist an dieser selbst ± 0.

Wenn der Ventilator saugend wirkt und in der Rohrleitung einen Unterdruck erzeugt, so erhalten wir das Bild der unteren Abbildung, das nach dem Gesagten ohne weiteres verständlich ist.

Fig. 442 läßt erkennen, daß auch die Verhältnisse einer Grubenbewetterung ganz ähnlich liegen. Der vom Ventilator erzeugte Unter-

druck ist am Saugkanal am größten (hier 115) und ist an der Mündung des einziehenden Schachtes $\pm$ 0. Im übrigen verteilt sich der Unterdruck freilich nicht so gleichmäßig auf die Länge des Wetterweges wie bei einem überall gleich weiten Röhrensystem. In der Fig. 442 ist das stärkste Gefälle für die Schächte angenommen und beträgt für diese insgesamt 100 mm, für die dazwischen liegenden Baue nur 15 mm.

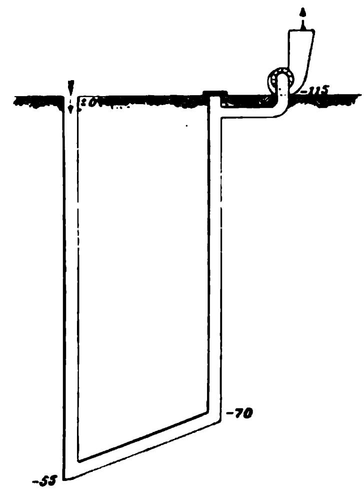


Fig. 442. Schema des Spannungsgefälles bei einer Grubenbewetterung.

75. — Messung des Stromgefälles im allgemeinen. Für die regelmäßige Überwachung und die Beurteilung der Bewetterungsverhältnisse ist es unerläßlich, fortlaufend durch Messungen die Stärke des Stromgefälles festzustellen. Hauptsächlich kommt es darauf an, das Gesamtgefälle von der einziehenden bis zur ausziehenden Tagesöffnung kennen zu lernen. Man wird deshalb, soweit es möglich ist, die Messung in der Nachbarschaft der den Spannungsunterschied bewirkenden Vorrichtung (des Ventilators) vornehmen, also im Falle der Fig. 442 an dem Punkte, wo ein Unterdruck von 115 angegeben ist. Da an der zweiten Tagesöffnung atmosphärischer Druck herrscht, genügt es, den vom Ventilator gegenüber dem äußeren Drucke erzeugten Spannungsunterschied zu messen.

Steht der Ventilator unter Tage und erzeugt er gegenüber dem äußeren Drucke in den Grubenbauen teils einen Unter- und teils einen Überdruck (Fig. 443), so ist der gesamte Unterschied zwischen dem erzeugten Unter- und Überdruck zu ermitteln. In Fig. 443 sind dies 115 mm.

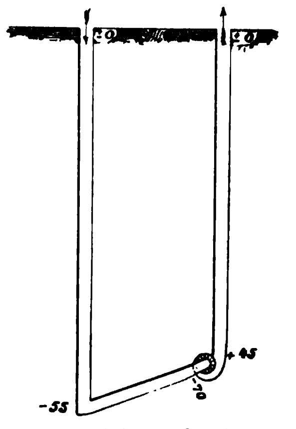


Fig. 443. Schema des Stromgefälles bei einem unter Tage aufgestellten Ventilator.

Wenn die Gleichgewichtsstörung des Wetterstromes nicht von einem einzigen Punkte (wie bei einem Ventilator) ausgeht, sondern sich auf eine größere Wegelänge des Wetterstromes (z. B. als Folge der Wirkung des sog. natürlichen Wetterzuges oder auch eines Wetterofens) verteilt, so ist die Feststellung des Gesamtgefälles schwieriger. Hierauf wird unter den Ziffern 105 und 146 noch zurückgekommen werden.

An Stelle der Ausdrücke Unter- und Überdruck haben sich für die Wetterführung die Bezeichnungen Depression und Kompression eingebürgert.

76. — Gewöhnlicher Depressionsmesser. Der gewöhnliche Depressionsmesser (Fig. 444) besteht aus einer mit Wasser gefüllten, U förmig gebogenen Glasröhre $a_1 a_2$ und einem Maßstabe c zwischen den beiden Rohrschenkeln. Das eine Ende der Glasröhre wird durch einen Schlauch b mit dem Raume in Verbindung gebracht, dessen Depression oder Kompression bestimmt werden soll. Das zweite Ende mündet ins Freie. Der Maßstab ist gewöhnlich derart eingerichtet, daß er seinen Nullpunkt in der Mitte hat und von hier aus nach oben und unten zählt. Der Nullpunkt wird so eingestellt, daß er dem Wasserspiegel entspricht, wenn dieser in beiden Rohren gleich hoch steht. Man liest den Druckunterschied ab, indem man die Abstände beider Wasserspiegel von dem Nullpunkte addiert oder indem man nur einen Abstand feststellt und diesen verdoppelt. Etwa verdunstetes Wasser muß ersetzt oder der Maßstab muß neu eingestellt werden.

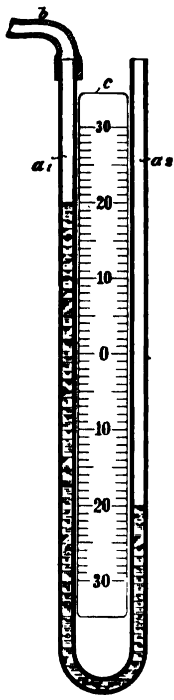


Fig. 444. Gewöhnlicher Depressionsmesser.

Falls Druckschwankungen auftreten, so ist die Beobachtung erschwert. Durch Verengung des Querschnitts der Glasröhre an der Biegungsstelle (z. B. durch Einfüllen von Schrot, durch Drosseln mittels eines Hahnes) kann man die starken Schwankungen des Wasserspiegels vermindern.

77. — Russellscher Depressionsmesser. Um das Ablesen zu erleichtern, hat Bergwerksdirektor Russell einen Depressionsmesser mit schwimmendem Maßstab konstruiert, der sich selbsttätig stets auf den Nullpunkt einstellt (Fig. 445). Das an den Saugraum mittels des Schlauches b angeschlossene Rohr a_1 ist erheblich weiter als das andere, mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehende Rohr a_2 und gewährt in sich dem schwimmenden Maßstabe c Raum. Es braucht weiter nichts zu geschehen, als daß Wasser nachgefüllt wird, sobald dieses soweit verdunstet ist, daß der Maßstab unten aufstößt.

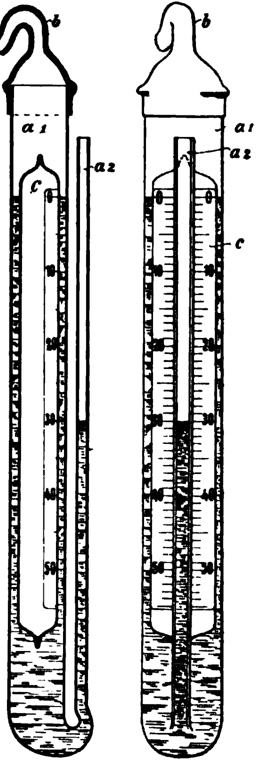


Fig. 445. Russellscher Depressionsmesser.

78. — Selbsttätig schreibende Depressionsmesser. Sehr zweckmäßig sind die selbsttätig schreibenden Depressionsmesser. Am bekanntesten sind diejenigen von Ochwadt (Fig. 446). Die beiden kommunizierenden Röhren sind als zwei durch eine Scheidewand getrennte, ziemlich weite

Gefäße *a* und *b* ausgestaltet, die zur Aufnahme je eines Schwimmers S und S_1 eingerichtet sind. Beide Schwimmer sind unter Wasser durch eine Gelenkkette miteinander verbunden. Der Raum über dem Schwimmer S ist durch einen Anschlußstutzen und Schlauch *d* mit dem Saugraum in Verbindung gebracht, während der andere Wasserspiegel unter dem atmosphärischen Drucke steht. Der Schwimmer S_1 trägt eine Führungsstange mit Schreibstift, der die jeweilig vorhandene Depression oder Kompression in Form einer Kurve auf eine durch ein Uhrwerk angetriebene Trommel *c*, welche auch die Zeiten angibt, aufschreibt. Bei der dargestellten Anordnung bedeutet jedes Millimeter Kurvenhöhe 2 mm Depression, während die Tage und Stunden durch die vertikalen Linien bezeichnet werden. Der Wasserspiegel in der Gleichgewichtslage soll bis zum Schräubchen *e* reichen. Das Füllen mit Wasser geschieht durch das Loch der Schraube *f*. Ein gewöhnlicher, an der Vorderwand angebrachter Glasdepressionsmesser dient dazu, das regelrechte Arbeiten der Vorrichtung überwachen zu können.

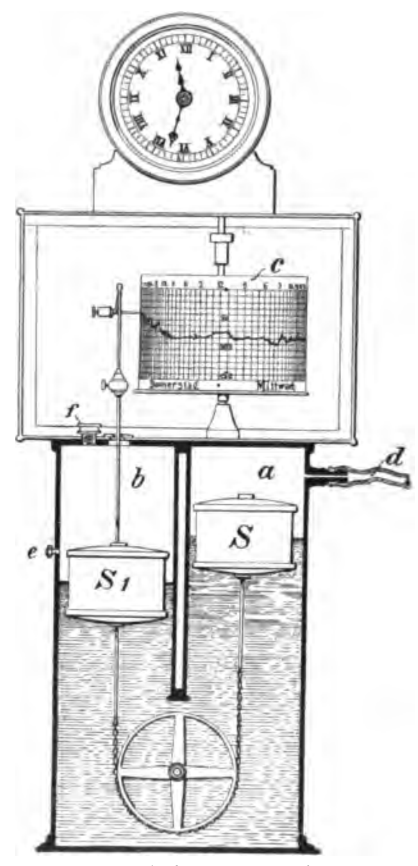


Fig. 446. Selbsttätig schreibender Depressionsmesser von Ochwadt.

Die aufgeschriebenen Depressionskurven geben einen bleibenden Ausweis über den Gang des Ventilators und sind deshalb z. B. für einzeln gelegene Wetterschächte ganz unentbehrlich. Im Falle einer Grubenexplosion gewähren sie die Möglichkeit, noch nachträglich die Wirksamkeit des Ventilators im Augenblick der Explosion zu beurteilen.

79. — Multiplikationsdruckmesser. Um genauere Depressionsmessungen bei geringen Druckschwankungen auszuführen, wendet man die sog. Multiplikationsdruckmesser an. Sie besitzen einen geneigtliegenden Schenkel, an dem die Ablesung vorgenommen wird. Beträgt z. B. die Neigung des Schenkels 1 : 10, so bewirkt 1 mm Druckunterschied bereits ein Steigen oder Fallen des Wasserspiegels um 10 mm Rohrlänge.

80. — Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal. Der die Verbindung zwischen dem einen Schenkel des Depressionsmessers und dem Saugraum herstellende Schlauch oder das entsprechende Rohr

können auf verschiedene Art in dem Saugkanal angebracht sein. Die Rohröffnung wird entweder dem Wetterstrom entgegengerichtet, so daß der Luftstrom hineinbläst, oder das Ende des Rohres wird parallel der Wand des Saugkanals abgeschnitten oder schließlich in der Richtung des Wetterstromes umgebogen. Die Fig. 447 zeigt in der mittleren und unteren Abbildung diese verschiedenen Anordnungen.

Wir wollen zunächst annehmen, daß der Schieber des Saugkanals geschlossen ist, so daß der Ventilator wohl einen Unterdruck oder einen Überdruck, aber keinen Luftstrom erzeugt (siehe obere Abbildung der Fig. 447). In diesem Falle ist es gleichgiltig, in welcher Richtung das Meßrohr in den Kanal einmündet, und der Depressionsmesser wird bei jeder Stellung des Rohrendes den gleichen Druckunterschied anzeigen.

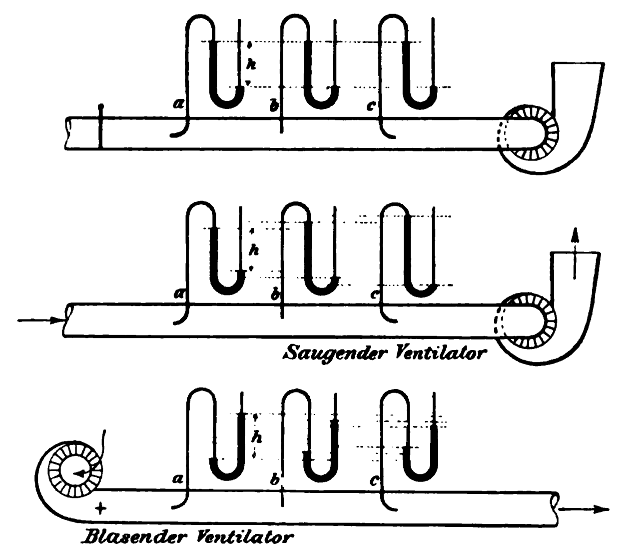


Fig. 447. Anordnung des Depressionsröhrchens im Wetterkanal.

Bewegt sich aber der Luftstrom im Saugkanal, so liefern die Messungen je nach der verschiedenen Stellung des Meßrohres verschiedene Ergebnisse. Ein bewegter Luftstrom sucht nämlich die Massenteilchen, an denen er vorbeistreicht, mitzureißen. Er übt also auf die Wandung des Kanals, in dem er fließt, eine gewisse Saugwirkung aus. Die Wandung hat deshalb nicht den vollen Gasdruck auszuhalten, den ein ruhendes Gasgemisch ausüben würde. Vielmehr erscheint der Druck auf die Wandung um die Saugwirkung vermindert (Gesetz von Bernoulli). Diese Druckverminderung ist proportional dem Quadrate der Stromgeschwindigkeit und wird mit Geschwindigkeitshöhe $\left(=\frac{\gamma \cdot v^2}{2g}\right)$ bezeichnet.[1]) Diese beträgt bei:

---

[1]) Es ist γ das Gewicht von 1 cbm Luft in Kilogramm, v die Geschwindigkeit in Metern und g die Fallbeschleunigung.

5 m Wettergeschwindigkeit	1,5 mm Wassersäule.
10 „ „	6,1 „ „
15 „ „	13,8 „ „
20 „ „	24,5 „ „

Wenn das Ende des Meßrohres parallel der Wand des Saugkanals abgeschnitten ist, zeigt der Depressionsmesser einen entsprechend der Geschwindigkeitshöhe verminderten Gasdruck an, so daß die Depression zu hoch und die etwa vorhandene Kompression zu niedrig abgelesen wird. Der Fehler erscheint noch vergrößert, wenn man das Meßrohr in der Richtung des Wetterstromes umbiegt, weil alsdann die Saugwirkung weiter erhöht wird. Um richtig zu messen, muß man die Saugwirkung des bewegten Luftstromes dadurch ausschalten, daß man den Strom sowohl, wenn man den Unterdruck, als auch, wenn man den Überdruck messen will, in die ihm entgegengerichtete Öffnung des Röhrchens blasen läßt. Die beim Hineinblasen in das Rohr erzeugte Druckwirkung kommt der infolge der Bewegung der Luft entstandenen Druckverminderung annähernd gleich, und beide heben sich so auf.

Wie der bei der Messung durch falsche Anordnung des Rohrendes gemachte Fehler bei einem saugenden Ventilator die abgelesene Depression zu groß und bei einem blasenden Ventilator die Kompression zu gering werden läßt, zeigt die Fig. 447 in der mittleren und unteren Abbildung. Der Fehler kann, wenn das Rohrende in die Stromrichtung umgebogen ist, auf etwa das 1,5fache der Geschwindigkeitshöhe steigen. Die oben über diese Größe mitgeteilten Zahlen lassen erkennen, daß der Fehler bei größeren Wettergeschwindigkeiten an der Meßstelle nicht unerheblich ist.

81. — Messung der Stromgeschwindigkeit. Einfache Hilfsmittel. Um die der Grube oder einer bestimmten Betriebsabteilung zugeführte Wettermenge kennen zu lernen, sind regelmäßige Geschwindigkeitsmessungen unbedingt erforderlich.

Zu diesem Zwecke kann man in schlagwetterfreien Gruben bei geringen Wettergeschwindigkeiten eine abgemessene Streckenlänge in der Stromrichtung mit offener Lampe so abschreiten, daß die Lampenflamme senkrecht stehen bleibt. Aus der für einen gewissen Weg verbrauchten Zeit ergibt sich ohne weiteres die Geschwindigkeit.

Für sehr geringe Wettergeschwindigkeiten empfiehlt sich die sog. Pulverprobe. Man beobachtet die Zeit, die der Pulverdampf nach dem Aufflammen einer kleinen Pulvermenge bedarf, um eine bestimmte, abgemessene Streckenlänge zurückzulegen.

82. — Casella-Anemometer. Gewöhnlich geschieht die Geschwindigkeitsmessung der Wetterströme mittels der Anemometer. Das gebräuchlichste ist das Casella-Anemometer (Fig. 448). Es besitzt 8 windmühlenähnlich gestellte Flügel aus Aluminiumblech, deren Fläche zur Richtung des Luftstromes einen Winkel von 42—44° einschließt. Die sich zwecks Verringerung der Reibung gegen ein Saphirlager stützende Welle des Flügelrades trägt eine Schraube ohne Ende, welche ein Zählwerk mit solcher Radeinteilung betätigt, daß auf dem Zifferblatt der vom Luftstrom in der Meßzeit zurückgelegte Weg unmittelbar in Metern abgelesen werden kann. Vor Beginn und nach Beendigung der Beobachtung

ist der Stand der Zeiger festzustellen. Die Differenz ergibt die Luftgeschwindigkeit für die Beobachtungszeit. Dividiert man die Differenz durch die Anzahl der Sekunden, die die Beobachtungszeit gewährt hat, so erhält man die Luftgeschwindigkeit je Sekunde. Ein Sperrhebel, der durch Schnüre betätigt werden kann, gestattet ein bequemes Ein- und Ausrücken des Zählwerks aus der Entfernung.



Fig. 448. Casella-Anemometer.

Bei der **Handhabung** wird das Anemometer an den Beobachtungspunkt gebracht und hier auf einem Stativ oder einer Latte festgestellt. Darauf tritt der Beobachter möglichst dicht an den Stoß, um nicht den Streckenquerschnitt durch seinen Körper zu verengen. Sobald anzunehmen ist, daß das Flügelrad die dem Luftstrom entsprechende Geschwindigkeit angenommen hat, wird das Zählwerk durch einen Zug nach links eingerückt. Nach 1, 2 oder 3 Minuten wird durch einen abermaligen Zug nach rechts der Sperrhebel zurückgezogen und damit das Zählwerk außer Betrieb gesetzt, während das Flügelrad ruhig weiter läuft. (Merkregel: links läuft, rechts ruht).

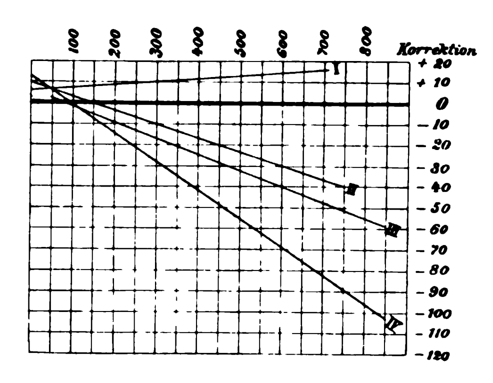


Fig. 449. Korrektionen von Anemometern.

Die abgelesene Differenz zwischen den Angaben des Zählwerks vor und nach der Beobachtung bedarf noch der **Richtigstellung** (**Korrektion**), da das Anemometer nicht reibungsfrei läuft und auch die Flügel bis zu einem gewissen Grade durch den Druck der Luft eine Biegung erfahren.

Die Korrektion ist keine Konstante, wie man früher glaubte, sondern ist für jede Geschwindigkeit verschieden. Sie ist auch nicht für mehrere Anemometer gleich, sondern für jedes Anemometer verschieden und muß durch Eichung ermittelt werden.

Die Größe der Korrektion kann für die verschiedenen Luftgeschwindigkeiten am einfachsten zeichnerisch in einem Koordinatensystem mit als Abszissen aufgetragenen Wettergeschwindigkeiten zur Darstellung ge-

bracht werden. Bei Anemometern, die fehlerlos gebaut sind, ergibt eine solche Aufzeichnung der Korrektion stets eine gerade Linie. In Fig. 449 sind einige häufig wiederkehrende Korrektionen aufgetragen und mit den Ziffern *I—IV* bezeichnet. Die Korrektion *I* ist stets positiv; sie ist seltener als die Korrektionen *II—IV*. Ein Anemometer, das die Korrektionsgerade *II* besitzt, bedarf z. B. bei 100 m Ablesung für die Minute einer Richtigstellung von etwa + 4, dagegen bei 750 m einer solchen von — 40. Man würde also die Zahlen 104 und 710 in die Rechnung einzusetzen haben.



Fig. 450. Uhrwerk-Anemometer von Maeß.

83. — Uhrwerk-Anemometer. Für manche Messungen ist es bequem, eine Uhr in Verbindung mit dem Anemometer-Zählwerk zu haben, die das Ein- und Ausrücken des Zählwerks selbsttätig besorgt. Fig. 450 zeigt ein solches von Maeß-Dortmund gefertigtes Anemometer. Ist die Uhr aufgezogen und das Anemometer zur Messung aufgestellt oder aufgehängt, so drückt man den Schalthebel nach links, worauf das Uhrwerk zu laufen beginnt und nach etwa $^3/_4$ Minuten das Zählwerk selbsttätig einschaltet. Genau eine Minute später wird das Zählwerk von der Uhr wieder ausgeschaltet. Während der ersten $^3/_4$ Minuten hat der Beobachter Zeit, sich aus dem Meßbereich zu entfernen. Er findet nach etwa 2 Minuten eine der Zeit nach abgemessene Angabe für den vom Strome zurückgelegten Weg vor.

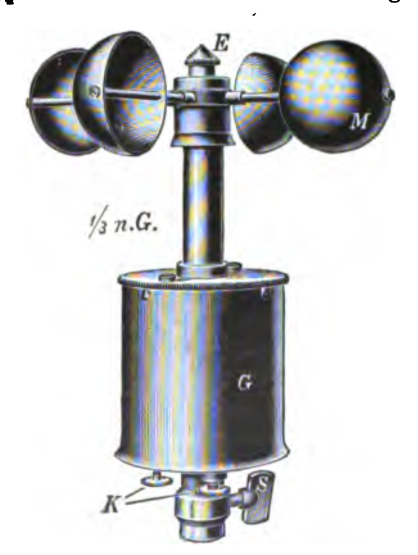


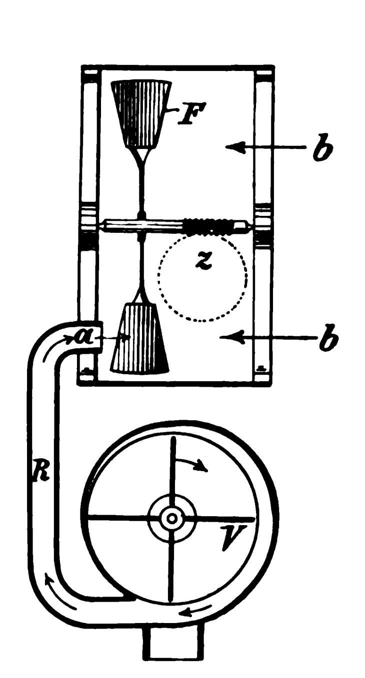
Fig. 451. Schalenkreuz.

Ähnlich sind Uhrwerk-Anemometer von Georg Rosenmüller in Dresden-Neustadt eingerichtet, nur können sie, falls es erwünscht erscheint, für eine längere Zeitdauer als für 1 Minute oder auch mit Ausschaltung des Uhrwerks wie gewöhnliche Anemometer benutzt werden.

84. — Schalenkreuz. Im Wetterkanal liefert häufig das gewöhnliche Anemometer ungenaue Messungen, weil die Flügel von der sich niederschlagenden Feuchtigkeit beschwert werden. Auch kann die erforderliche, persönliche Beobachtung des Anemometers unbequem sein. Für

solche Messungen ist das weit unempfindlichere Robinson-Schalenkreuz (Fig. 451), in Verbindung mit einem Uhrwerk, zweckmäßig und erprobt. Es bietet gegenüber dem Flügelanemometer insbesondere noch den Vorteil, daß es auch bei wechselnder Richtung der Stromstöße, die im Saugkanal in der Nähe des Ventilators leicht vorkommen, richtige Angaben liefert. Nach je 1000 Umläufen des Schalenkreuzes macht das Instrument auf ein mit bestimmter Geschwindigkeit ablaufendes Papierband Striche, deren Entfernung voneinander ein Maßstab für die Umdrehungsgeschwindigkeit des Kreuzes ist. Uhrwerk und Schreibvorrichtung sind im Zylinder *G* untergebracht. Der dargestellte Apparat wird von R. Fueß in Steglitz-Berlin geliefert.

85. — Anemometer für geringe Luftgeschwindigkeiten. Für die Messung sehr langsamer Luftströme wendet man Anemometer mit großen, aus Glimmerblättchen gefertigten Flügeln an, die den Vorzug eines sehr leichten Ganges besitzen.



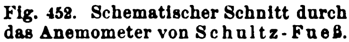


Fig. 452. Schematischer Schnitt durch das Anemometer von Schultz-Fueß.



Fig. 453. Ansicht des Anemometers von Schultz-Fueß.

Für noch schwächere Luftströme ist das vom Geheimen Bergrat Dr. Schultz angegebene und von Fueß-Steglitz gebaute Differentialanemometer bestimmt, das schematisch in der Fig. 452 im Schnitt und in Fig. 453 in der Ansicht dargestellt ist. Das Flügelrad *F* des Anemometers wird durch einen mittels Federkraft angetriebenen, kleinen Ventilator *V* (siehe Fig. 452), der durch das Rohr *R* bei *a* ausbläst, in gleichförmige, in

ruhender Luft konstante Umdrehungsgeschwindigkeit versetzt. Diese Geschwindigkeit ist bekannt. Wird nun das Anemometer in einen Luftstrom gebracht, der die Richtung *b* hat, so wirkt dieser Luftstrom bremsend auf das Flügelrad ein. Es läuft langsamer, und man wird an dem Zählwerk einen geringeren Wert ablesen als in ruhender Luft. Die Differenz der Ablesungen im ruhenden und bewegten Luftstrome gibt die Geschwindigkeit des letzteren an. Mit solchem Anemometer kann man sogar noch Luftgeschwindigkeiten von $^1/_{60}$ m in der Sekunde feststellen.

86. — Vornahme der Messung mit Anemometern. Die Geschwindigkeitsmessung wird in der Grube in der Regel an bestimmten Meßstationen vorgenommen, deren eine für jeden Sonderstrom vorhanden zu sein pflegt. Um einen genau ausmeßbaren Querschnitt zu erhalten, sind gewöhnlich Stöße und Firste der Strecke mit einem glatten Bretterverzug auf 3—4 m Länge verschalt. Um Verwechselungen zu vermeiden, ist in der Regel der Querschnitt am Stoße angeschrieben. Man legt die Stationen zweckmäßig in einem geraden Streckenteile in einiger Entfernung von Abzweigungen an, damit die Wettergeschwindigkeit sich ohne Wirbelbildung möglichst gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt. In solchem Falle ist die Geschwindigkeit in der mittleren Streckenachse am größten, während sie nach den Stößen zu allmählich abnimmt (Fig. 454). Man kann etwa die durchschnittliche Geschwindigkeit erhalten, wenn man das Anemometer während der Messung gleichmäßig über das ganze Streckenprofil bewegt, oder wenn man es in $^1/_3$ oder $^2/_3$ der Streckenhöhe, von beiden Stößen gleich weit entfernt, während der Meßzeit dauernd beläßt. Für genaue Messungen teilt man den Streckenquerschnitt in ein Netz von einzelnen Quadraten (Fig. 454), wiederholt die Messung für jeden Schnittpunkt der angenommenen Netzlinien und nimmt den Durchschnitt.

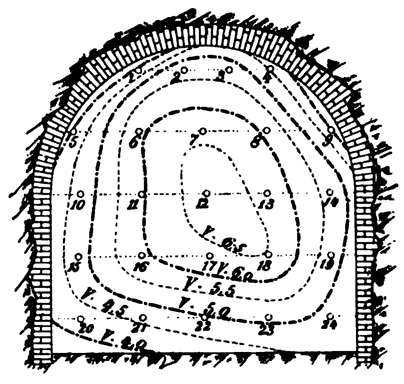


Fig. 454. Kurven gleicher Geschwindigkeit in einem Streckenquerschnitt.

87. — Schreibende Geschwindigkeitsmesser. An Stelle der unmittelbaren Geschwindigkeitsmessung durch Anemometer kann auch, namentlich bei größeren Geschwindigkeiten, wie sie in Wetterkanälen zu herrschen pflegen, die Druck- und Saugwirkung des Luftstromes für die Messung der Stromgeschwindigkeit benutzt werden. In welcher Weise dies geschieht, zeigt Fig. 455. In dem Kanal *K* bewegt sich ein Wetter-

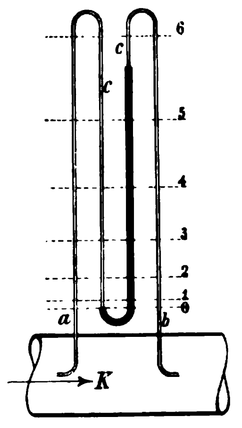


Fig. 455. Schema des Volumenmessers.

strom in der Pfeilrichtung. Benutzt man ein mit seinem Ende dem Gasstrome entgegengerichtetes Rohr a und ein Rohr b, dessen Ende in der Stromrichtung umgebogen ist, so werden beide Rohre verschiedene Drücke aus dem Gasstrome ableiten. Schaltet man zwischen Rohr a und b ein Manometerrohr c, so stellt sich in diesem der Wasserspiegel entsprechend den verschiedenen Drücken, d. i. entsprechend der Geschwindigkeitshöhe,

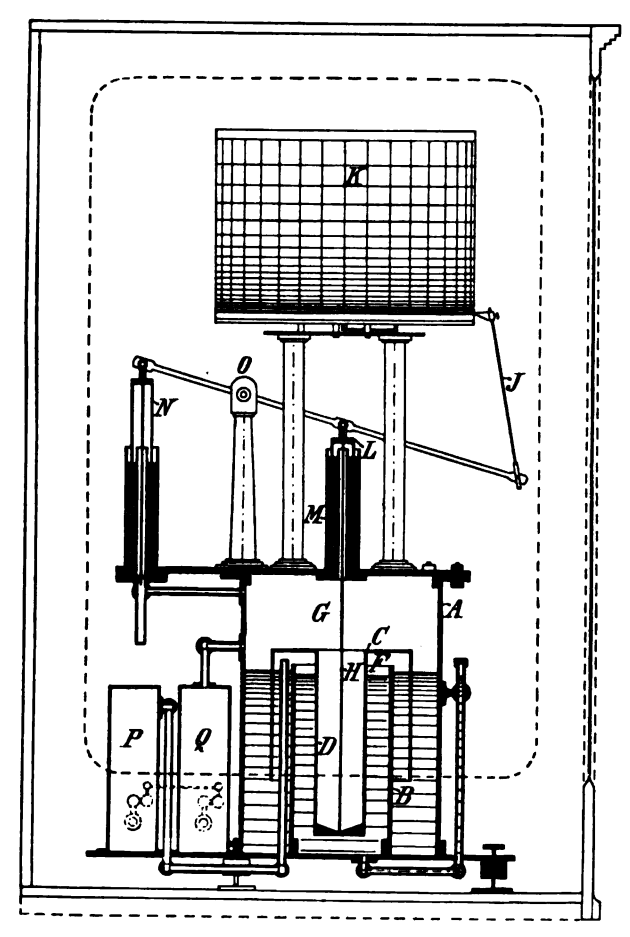


Fig. 456. Volumenmesser von de Bruyn.

ein. Die Differenz der beiden Wasserspiegel ist also ohne weiteres ein Maßstab für die Gasgeschwindigkeit in dem Kanal K. Der Unterschied der Flüssigkeitsspiegel kann durch Schwimmer, Schreibstange und Schreibtrommel verzeichnet werden. Kennt man die Geschwindigkeit des Wetterstromes und den Querschnitt an der Meßstelle, so kennt man auch das Volumen der durchziehenden Wetter, so daß solche Geschwindigkeitsmesser gleichzeitig Volumenmesser sind.

Da die Geschwindigkeitshöhe mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, muß die Skala auf der Schreibtrommel eine quadratische Teilung haben, wie dies schon in Fig. 455 angedeutet ist. Es folgt weiter daraus, daß die Genauigkeit der Ablesung bei kleinen Geschwindigkeiten Einbuße erleidet. Da aber die Geschwindigkeitshöhe in mehrfacher Vergrößerung je nach der Anordnung der Apparate auf der Schreibtrommel zur Darstellung gebracht werden kann, verhindert dieser Übelstand die Brauchbarkeit der Apparate nicht.

Der schreibende Geschwindigkeitsmesser von de Bruyn zu Düsseldorf ist in Fig. 456 dargestellt. In einen geschlossenen Zylinder *A* ist ein oben offener Zylinder *B* eingesetzt. Die so entstehenden, völlig getrennten Hohlräume sind bis zu einer gewissen Höhe mit Paraffinöl (statt mit Wasser, um die Verdunstung zu vermeiden) gefüllt. Ein mit der Tauchglocke *C* verbundener Schwimmkörper *D* bewirkt eine Trennung des Luftraumes über der Sperrflüssigkeit in die Räume *F* und *G*. Die Drücke, deren Differenz gemessen werden soll, werden durch die zwecks Abschwächung von Druckschwankungen vorgeschalteten Windkessel *P* und *Q* unter bezw. über die Glocke *C* geleitet, und zwar muß der größere Druck durch *P* unter die Glocke geführt werden, damit durch die Gestänge *H* und *J* eine Aufwärtsbewegung des Schreibstiftes eintritt.

Da der Raum *G* unter dem Einflusse des im Wetterkanal herrschenden Unter- und Überdruckes steht, so muß bei *M* eine Abdichtung der Stange *H* erfolgen. Es geschieht dies durch Quecksilber, in das die Sperrglocke *L* taucht. Auf die Sperrglocke *L* wirkt der atmosphärische Druck einerseits und der Innendruck bei *G* anderseits. Deshalb ist zum Ausgleich die Gegenglocke *N* angeordnet, die unter genau den gleichen Druckverhältnissen wie *L* arbeitet, so daß die Schreibstange *J* lediglich durch die auf die Tauchglocke *C* wirkende Druckdifferenz verstellt wird.

Der Apparat ist in Ordnung, wenn er nach Abstellung der Hähne immer wieder auf Null zurückgeht.

Auf demselben Grundgedanken beruht der Volumenmesser von Ellinghaus, der von R. Fueß zu Steglitz-Berlin geliefert wird.

88. — Vorteile der Volumenmesser. Die beschriebenen Geschwindigkeitsmesser sind wohl geeignet, die Depressionsmesser überhaupt, insbesondere die selbsttätig schreibenden Depressionsmesser zu ersetzen. Ein Depressionsmesser verzeichnet lediglich die erzielte Depression, ohne aber die tatsächlich durch den Wetterkanal oder die Grube ziehende Wettermenge anzugeben. Es ist der Fall denkbar, daß der Wetterstrom teilweise oder ganz zu fließen aufhört, weil die Wetterstrecke oder der ausziehende Schacht zu Bruche gegangen, verengt oder vielleicht völlig geschlossen ist. Alsdann bleibt die Depression bestehen und erhöht sich sogar noch bei gleichem Gange des Ventilators, so daß, nach dem Stande des Depressionsmessers allein beurteilt, alles in Ordnung zu sein scheint. Es fließt aber keine Luft mehr. Der Geschwindigkeits- oder Volumenmesser würde in solchem Falle auf 0 zurückgehen, da an der Meßstelle keine Luftgeschwindigkeit mehr vorhanden ist. Der Geschwindigkeitsmesser ist also ein besserer Maßstab für die Beurteilung der Bewetterung als ein Depressionsmesser.

89. — Die Wettermenge rechnerisch betrachtet. Um die Wettermenge V[1]) zu finden, müssen wir für eine bestimmte Stelle den Streckenquerschnitt F und die Geschwindigkeit des Wetterstromes v kennen. Dann haben wir:

$$V = F \, . \, v \qquad \text{I.}$$

Da man aus Gründen der Sicherheit sowohl wie der Zweckmäßigkeit bestimmte Geschwindigkeiten nicht überschreiten darf, ist Wert auf ausreichende Streckenquerschnitte zu legen. Wettergeschwindigkeit und Streckenquerschnitt begrenzen die Möglichkeiten der Bewetterung.

90. — Depression und Reibungswiderstand in rechnerischer Betrachtung. Der für die Bewetterung erforderliche Arbeitsaufwand ist nicht etwa in gleicher Weise wie beispielsweise bei der Kohlenförderung oder Wasserhaltung dafür aufzuwenden, daß das Gewicht der Luft aus dem Schachttiefsten bis über Tage gehoben werden muß. Denn dem Gewichte der gehobenen Luft entspricht ein gleiches Gewicht einfallender Luft, und nur dafür wird Arbeit verbraucht, daß die Luftmassen in Bewegung gehalten werden. Bei dieser Bewegung ist allein der Reibungswiderstand zu überwinden, den der Luftstrom in der Grube findet, ähnlich wie beim Fortbewegen eines Förderwagens auf horizontaler Bahn nur die Reibung den Arbeitsaufwand verursacht.

Als Maß für die Reibung, die der Luftstrom auf seinem Wege durch die Grube erfährt, kann der Druckunterschied angenommen werden, der erforderlich ist, um den Luftstrom mit einer bestimmten Geschwindigkeit in Bewegung zu erhalten. Man ist dies zu tun berechtigt, weil ja der Druckunterschied (Depression oder Kompression) durch die Reibung aufgezehrt wird, so daß die in Millimetern Wassersäule gemessene Depression gleichzeitig den Reibungswiderstand der Grube für die entsprechende Wettermenge veranschaulicht.

Um die Größe des Reibungswiderstandes oder der Depression h in einer Formel auszudrücken, sind folgende Überlegungen anzustellen.

Da der Widerstand von der Reibung der Luft an den Wänden herrührt, wird er proportional der Streckenlänge L wachsen müssen. Ebenso wird er dem Streckenumfange U proportional sein. Je größer anderseits der Querschnitt F der Strecke ist, eine desto kleinere Zahl von Luftmolekülen wird unmittelbar an den Wänden vorbeistreichen, und um so geringer wird die Reibung sein. Der Widerstand ist deshalb umgekehrt proportional dem Streckenquerschnitt. Nun hängt weiter der Reibungswiderstand der Luft auch von der Geschwindigkeit v ab und wächst mit dieser unverhältnismäßig schnell. Versuche haben ge-

---

[1]) In den folgenden Rechnungen bedeuten:
V: die Luftmenge in Kubikmetersekunden,
F: den Streckenquerschnitt in Quadratmetern,
L: die Streckenlänge in Metern,
U: den Streckenumfang in Metern,
v: die Geschwindigkeit in Metersekunden,
h: die Depression in Millimetern Wassersäule,
N: den Kraftbedarf in Pferdestärken (PS.),
k, k_1, k_2 usw.: Konstanten.

zeigt, daß der Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist. Es ist dies auch erklärlich. Nach den Gesetzen der Mechanik ist der Ausdruck für die lebendige Kraft:

$$\frac{m v^2}{2},$$

so daß diese also mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Durch die Reibung wird nun lebendige Kraft vernichtet; denn die Moleküle, die gegen die Wand stoßen, kommen zum Stillstande, werden festgehalten oder prallen sogar zurück. Da durch die Reibung eine Kraft vernichtet wird, die dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist, muß auch die Reibung selbst dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sein.

Zu den bisher besprochenen, die Reibung beeinflussenden Größen wird noch eine Konstante k kommen müssen, die die verschiedene Rauhheit der Streckenwände berücksichtigt. Wir werden also für den Reibungswiderstand der Strecke oder für die zur Wetterbewegung erforderliche Depression folgende, annähernd richtige Formel aufstellen können:

$$h = k \cdot \frac{L \, . \, U \, . \, v^2}{F} \qquad \text{II.}$$

Aus der Formel ersieht man, daß, um die Reibung herabzusetzen, es darauf ankommt, die Länge des Wetterweges zu verkürzen und den Streckenumfang im Verhältnis zum Querschnitt zu vermindern — am günstigsten ist die Kreisform —, daß aber von ganz besonderem Einflusse eine Verkleinerung der Wettergeschwindigkeit ist. Setzt man die Geschwindigkeit auf die Hälfte herab, so sinkt der Reibungswiderstand auf ein Viertel; bei einer Herabminderung der Geschwindigkeit auf ein Drittel der ursprünglichen, sinkt der Widerstand auf ein Neuntel. Anderseits wächst der Widerstand mit steigender Wettergeschwindigkeit außerordentlich schnell. Nehmen wir an, daß die Wettergeschwindigkeit in einer Strecke oder einem Teile des Grubengebäudes von 1 m auf 5 m und schließlich auf 10 m steigen würde, so würden die entsprechenden Reibungswiderstände sich wie 1 : 25 : 100 verhalten.

Das Bestreben muß also dahin gehen, die Wettermenge, wo es nötig ist, nicht durch Erhöhung der Stromgeschwindigkeit, sondern durch andere Mittel (z. B. Erweiterung der Streckenquerschnitte, Teilung des Stromes) zu vergrößern.

91. — **Größe des Reibungskoeffizienten.** Sind die Größen h, L, U, v und F durch Messungen bekannt, so ist k durch Rechnung zu finden. Für Strecken hat Murgue folgende Werte von k ermittelt:

0,0003, wenn die Strecken glatt ausgemauert sind,
0,0009, wenn die Strecken im Gestein ohne Zimmerung stehen,
0,0016, wenn die Strecken in Türstockzimmerung stehen.

Noch mehr schwanken nach den Petitschen[1]) Untersuchungen die Werte von k bei Schächten. Der Reibungskoeffizient steigt von etwa

[1]) Petit, L'Aérage des travaux préparatoires, 1900.

0,0002 für glatt ausgemauerte Schächte ohne jeden Einbau bis 0,0024 für Schächte ohne Ausbau, die reichlich Einstriche für Förderung und Fahrung besitzen. Für Schachtquerschnitte entsprechend den Figuren 457 und 458 sind mittlere Reibungskoeffizienten von 0,0011 und 0,0013 ermittelt worden.

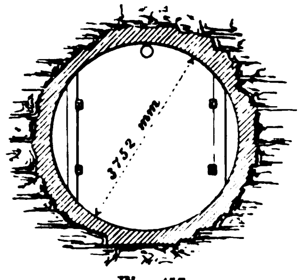


Fig. 457.

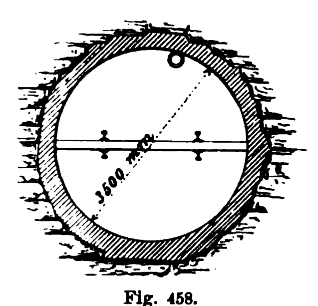


Fig. 458.

Schachtquerschnitte mit 0,0011 und 0,0013 als Reibungskonstanten.

Für glatte Lutten aus Eisenblech hat man folgende Werte von k gefunden:

0,0004	bei	Lutten	mit	300	mm Durchmesser.
0,0003	„	„	„	400	„ „
0,00022	„	„	„	600	„ „
0,0002	„	„	„	1000	„ „

Für gewellte Lutten wird man einen etwa 4 fach höheren Reibungskoeffizienten annehmen können.

Welche Bedeutung der verschieden hohe Reibungswiderstand hat, erhellt aus der Fig. 459, worin die bei gleicher Depression gleiche Luftmengen durchlassenden Querschnitte einer Strecke in Türstockzimmerung, einer solchen ohne Ausbau und einer glatt ausgemauerten Strecke gegenübergestellt sind.



Fig. 459. Streckenquerschnitte mit gleichem Widerstande für den Durchzug der Luft.

Da bei Lutten der Reibungskoeffizient mit wachsendem Durchmesser sinkt, wird man annehmen dürfen, daß auch bei Strecken und Schächten k bis zu einem gewissen Grade von dem Querschnitt abhängig sein wird.

92. — Beispiel: Ein Querschlag von 1000 m Länge, der 3,2 m breit und 2,2 m hoch ist, wird von 1800 cbm Luft in der Minute durchströmt. Wie hoch ist der Widerstand?

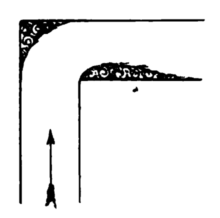
$$h = k \cdot \frac{1000 \,.\, 10{,}8 \,.\, 18{,}4}{7}$$

h = 45,4 mm bei Türstockzimmerung,
h = 25,6 „ , wenn der Querschlag ohne Ausbau ist,
h = 8,5 „ bei Ausmauerung.

Es sind das Zahlen, die zeigen, daß eine solche Bewetterung immerhin möglich ist, daß man also die verlangte Wettermenge durch den Querschlag bekommen kann.

Würde der Querschlag nicht doppelspurig, sondern nur einspurig aufgefahren sein und demgemäß die Maße 2,2 : 2 m besitzen, so würden die Maße für *h* auf 142 oder 80 oder 27 mm steigen. Das sind schon zu hohe Zahlen, und es wird in der Regel unmöglich sein, solche Depressionen für die Bewetterung eines einzigen Querschlages aufzuwenden.

93. — Besondere Einflüsse. Die Formel II gilt für gerade Strecken, sie berücksichtigt aber nicht Biegungen, plötzliche Richtungsänderungen, Einschnürungen u. desgl. Solche Behinderungen wirken auf den Wetterstrom außerordentlich schädlich ein, weil infolge von Wirbelbildung der nutzbare Querschnitt der Strecke verengt wird (Fig. 460). Je spitzer der Winkel ist, unter dem die beiden Streckenteile zusammenstoßen, um so größer ist die Behinderung des Wetterzuges.


Fig. 460. Wirbelbildung in rechtwinkliger Streckenabzweigung.

Petit hat durch Versuche mit rechtwinklig zusammenstoßenden Holzlutten (bei rechteckigem Querschnitt in den Maßen von 1,5 : 0,75 m) festgestellt, daß das Kniestück dem Wetterstrome einen gleichen Widerstand bietet wie eine gerade Luttenleitung von 82,3 m Länge. Petit nennt deshalb diese Länge die gleichwertige Länge eines Kniestückes. Stoßen zwei Luttenstücke unter einem spitzen Winkel von nur 45° zusammen, so beträgt die gleichwertige Länge 162,3 m. Schließen die beiden Luttenstücke einen Winkel von 135° ein, so beträgt die gleichwertige Länge immer noch 23,3 m.

Wenn man bei rechtwinkligem Aufeinanderstoßen zweier Luttenstücke (aus Eisenblech mit kreisförmigem Querschnitt, 1 m Durchmesser) ein Bogenstück von 1,24 m Bogenlänge einsetzt, so ist die gleichwertige Länge dieses Bogens nur 7 m (statt 82,3 m bei der unvermittelten Ablenkung des Stromes). Ist das Knie nicht gebogen, sondern aus mehreren gradlinigen Stücken zusammengesetzt, so ist die gleichwertige Länge 13,5 m.

Diese Zahlen beweisen, welchen großen Einfluß eine sachgemäße Führung des Luftstromes ausübt, wie überaus schädlich scharfe Richtungsänderungen sind und was man durch allmähliche, sanfte Krümmungen erzielen kann. In dieser Beziehung wird im Grubenbetriebe häufig gesündigt.

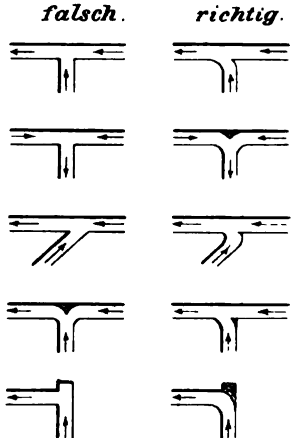


Fig. 461. Falsch und richtig angeordnete Streckenabzweigungen.

Die Fig. 461 zeigt in Gegenüberstellung unsachgemäß und richtig angeordnete Streckenabzweigungen. Besonders ungünstig ist es, wenn zwei Wetterströme mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung aufeinander-

prallen, wie dies in den drei mittleren Abbildungen der linken Seite dargestellt ist. Alsdann ist es leicht möglich, daß der Strom mit der geringeren Geschwindigkeit gänzlich zurückgestaut wird. Sehr schädlich wirken auch Sackgassen (siehe Fig. 461 links unten), in die die Wetter hineinstoßen und in denen sie sich sozusagen verfangen. Schwierigkeiten machen in dieser Beziehung häufig die Ableitungen des Wetterstromes aus Schächten in horizontale Strecken und umgekehrt die Überführungen aus diesen in jene.

Auf sehr vielen Gruben sind fehlerhafte Anordnungen der dargestellten Art anzutreffen.

94. — Temperament der Grube. Wenn wir für die folgende Betrachtung von der Formel II:

$$h = k \cdot \frac{L \cdot U \cdot v^2}{F}$$

ausgehen, so kann für eine bestimmte Grube bei gleichbleibenden Verhältnissen die Größe:

$$k \cdot \frac{L \cdot U}{F}$$

als konstant angesehen werden. Wir können also für diese Größe eine neue Konstante k_1 in die Formel II einsetzen, so daß wir erhalten:

$$h = k_1 v^2.$$

Hieraus folgt, daß $v^2 : h$ und auch $v : \sqrt{h}$ konstante Verhältnisse sind. Da v proportional V ist, müssen ferner die Verhältnisse $V^2 : h$ und $V : \sqrt{h}$ für eine und dieselbe Grube konstant sein. Diese Konstanten bezeichnet man als das Temperament der Grube. Nur wenn der Zustand der Grube, z. B. durch Erweiterung der Wetterwege, neue Durchschläge oder sonstwie, eine Änderung erfährt, ändert sich das Temperament.

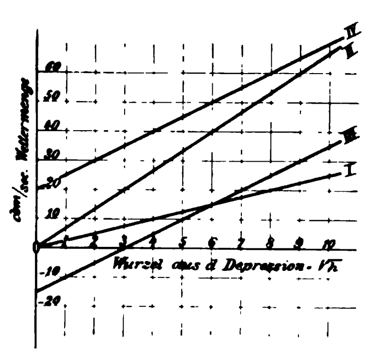


Fig. 462. Temperament der Grube.

Das Verhältnis von $V : \sqrt{h}$ (oder auch von $V^2 : h$) kann man zeichnerisch zur Darstellung bringen. Bei Stillstand des Ventilators ist sowohl V wie $\sqrt{h}$ gleich Null. Bei jeder beliebigen Tourenzahl bleibt das Verhältnis unverändert. Wir können somit dieses Verhältnis durch eine Gerade veranschaulichen, die durch den Nullpunkt der Koordinate und Abszisse geht und deren einzelne Punkte einen den Größen V und $\sqrt{h}$ entsprechenden Abstand von jenen haben. In der Fig. 462 stellen die beiden Geraden *I* und *II* das Temperament zweier verschiedener Gruben dar und zeigen klar und deutlich, wie sich für die betreffende Grube die Wurzel aus der Depression mit der Wettermenge verschiebt.

Was die in der Fig. 462 dargestellten Geraden *III* und *IV* betrifft, so wird hierauf bei Besprechung des natürlichen Wetterzuges (Ziff. 146) zurückgekommen werden.

95. — Beispiele: 1. Der Ventilator auf einer Grube erzeugt 81 mm Depression und liefert 4500 cbm Luft. Wie viel Luft wird er liefern, wenn er bei schnellerem Gange 100 mm Depression erzeugt? Da die Wettermengen sich wie die Wurzeln aus den Depressionen, also wie 9 : 10 verhalten, wird die bei 100 mm Depression gelieferte Wettermenge auf 5000 cbm steigen.

2. Läßt man denselben Ventilator langsamer laufen, so daß er schließlich nur noch 16 mm Depression erzeugt, so wird die Wettermenge im Verhältnis von 9 : 4, also von 4500 auf 2000 cbm sinken.

3. Eine Grube mit 7200 cbm minutlicher Wettermenge und 225 mm Depression möchte auf eine Wettermenge von 10000 cbm kommen. Die dafür erforderliche Depression wäre rund 433 mm.

96. — Gleichwertige (äquivalente) Grubenöffnung, Grubenweite. Wenn man den Saugkanal des Ventilators statt an das Grubengebäude an die freie Luft anschließt und gleichzeitig durch eine dünne Wand verschließt, so kann man sich in diese ein Loch geschnitten denken, welches so groß ist, daß es beim Gange des Ventilators ebensoviel Luft durchläßt, wie beim Anschluß des Saugkanals an das Grubengebäude dem Ventilator zuströmt. Die hergestellte Öffnung und das Grubengebäude setzen also dem Durchgange des Wetterstromes den gleichen Widerstand entgegen. Eine solche Öffnung in dünner Wand nennen wir die gleichwertige (äquivalente) Öffnung der Grube oder die Grubenweite.

Für die Berechnung der gleichwertigen Grubenöffnung A hat man die folgende (freilich nicht ganz zutreffende) Formel für den Ausfluß von Gasen

$$A = \frac{V}{k_1 \cdot \sqrt{2gh}}$$

benutzt, worin k_1 den Zusammenziehungs- und Reibungskoeffizienten des durch eine Öffnung A fließenden Luftstrahles und g die Fallbeschleunigung bedeuten, während V und h die mehrfach gebrauchte, auf S. 494 in der Anmerkung angegebene Bedeutung haben. Setzt man $k_1 = 0{,}59$ und $g = 9{,}808$, so erhält man:

$$A = 0{,}38 \cdot \frac{V}{\sqrt{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{III.}$$

Die gleichwertige Öffnung bleibt ebenso wie das Temperament der Grube für alle Wettermengen und Depressionen gleich; sie ändert sich aber sowohl entsprechend dem Vorrücken der Grubenbaue als auch bei geänderter Leitung des Wetterstromes. Im folgenden sind die Grubenweiten einiger Zechen des Ruhrbezirks mit verschieden hohen Wettermengen und Depressionen zusammengestellt:

	Wettermenge je Sekunde cbm	Depression mm	Grubenweite qm
Hibernia	125	81	5,28
Neumühl	120	225	3,04
Konsolidation III/IV	80	100	3,04
Osterfeld	50	130	1,67
Eiberg	20	85	0,82

Die Beispiele entsprechen, namentlich was die Zechen Osterfeld und Eiberg angeht, nicht mehr der Jetztzeit. Immerhin geben die Zahlen ein lehrreiches Bild.

Als derzeitigen Durchschnitt für den Ruhrbezirk wird man etwa 2,5—3,0 qm ansehen können.

Da in der Formel III das Verhältnis $\frac{V}{\sqrt{h}}$ wieder erscheint, ist die zeichnerische Darstellung des Temperaments der Grube (Fig. 462, Gerade I und II) gleichzeitig ein Ausdruck für die Grubenweite. Ist diese bedeutend, so überwiegt V im Verhältnis zu $\sqrt{h}$, und der von der Geraden und der Abszissenachse eingeschlossene Winkel ist groß. Andernfalls ist der Winkel klein und wird immer spitzer, je enger die Grube ist. Als Grenzwert ergibt sich ein Winkel von 90° bei unendlich großer Grubenweite und ein solcher von 0° bei geschlossenem Saugkanal, so daß man also die Tangente des Neigungswinkels bei gegebener Teilung der Koordinaten als Maßstab für die Grubenweite betrachten kann.

Auf die Bestimmung der Grubenweite muß man verzichten, wenn die Grube mehrere ausziehende Schächte hat, deren Ventilatoren sich gegenseitig beeinflussen. Näheres hierüber findet sich in dem Abschnitt „Nebeneinanderschaltung der Ventilatoren", Ziff. 140.

Bei Gruben, die zunächst mit natürlicher Wetterführung arbeiten und zur Aufstellung eines Ventilators — also zur künstlichen Wetterführung — übergehen wollen, ist es möglich, die Grubenweite vor Beschaffung des Ventilators zu ermitteln, da man die Wettermenge kennt und den die natürliche Wetterbewegung bewirkenden Druckunterschied feststellen kann. Dagegen ist man bei noch in der Entwickelung begriffenen Gruben bei Bestellung des Ventilators gewöhnlich zur Schätzung der Grubenweite gezwungen.

97. — Kraftbedarf der Wetterbewegung. Um den für die Wetterbewegung erforderlichen Kraftbedarf zu ermitteln, kann man sich vorstellen, daß die Luft entgegen dem Widerstande h der Grube mittels eines in einem Zylinder geführten Kolbens fortgeschoben wird (Fig. 463). So viel Millimeter Depression oder Kompression, ausgedrückt in Wassersäule, notwendig für die Bewetterung sind, ebenso viele Kilogramm Druck müssen auf jeden Quadratmeter des Kolbens ausgeübt werden (siehe Ziff. 73), wenn dieser die Bewetterungsarbeit übernehmen soll.

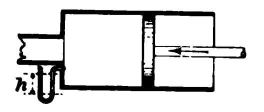


Fig. 463. Veranschaulichung der Arbeit beim Fortschieben der Wetter.

Besäße der Kolben 1 qm Querschnitt, so betrüge der erforderliche Druck also h kg, und um V cbm Luft zu fördern, müßte der Kolben einen Weg von V m machen. Die geleistete Arbeit wäre also:

$$V.h \text{ mkg},$$

oder in Pferdestärken ausgedrückt:

$$N = \frac{V.h}{75} \qquad \text{IV.}$$

Der Kraftbedarf für die Bewetterung der auf S. 499 erwähnten Gruben berechnet sich hiernach wie folgt:

Hibernia . . . . . $\frac{125 . 81}{75} = 135$ PS.

Neumühl . . . . . $\frac{120 . 225}{75} = 360$ „

Konsolidation III/IV . $\frac{80 . 100}{75} = 107$ „

Osterfeld . . . . . $\frac{50 . 130}{75} = 87$ „

Eiberg . . . . . . $\frac{20 . 85}{75} = 22{,}7$ „

98. — Zusammenfassung. Bei Vermehrung der Wettergeschwindigkeit in einer beliebigen Grube wächst nach Formel I im selben Maße die Wettermenge.

Nach Formel II wachsen die Widerstände mit dem Quadrat der Geschwindigkeit; sie wachsen also auch proportional dem Quadrate der Wettermenge.

Nach Formel IV steigt der Kraftbedarf proportional dem Produkte aus der Wettermenge und dem Widerstande. Da aber der Widerstand allein bereits proportional dem Quadrate der Wettermenge wächst, steigt der Kraftbedarf proportional dem Kubus der Wettermenge.

Dieser Zusammenhang kommt in den folgenden Zahlen zum Ausdruck, die für eine angenommene Grube oder Grubenabteilung oder auch für einen langen Querschlag die Wettergeschwindigkeit, die Wettermenge, den Widerstand bei der angenommenen Geschwindigkeit und den erforderlichen Kraftbedarf gegenüberstellen. Man sieht daraus, wie Wettermenge, Widerstand und Kraftbedarf, die für den Fall I beliebig angenommen sind, wachsen, wenn man die Wettergeschwindigkeit von $1^1/_2$ m im Fall I, auf 3 m im Fall II und schließlich auf 6 m im Fall III steigert.

	Geschwindigkeit (v) m	Wettermenge (V) cbm	Widerstand (h) mm	Kraftbedarf (N) PS.
Fall I . . .	1,5	37,5	25	12,5
„ II . . .	3,0	75,0	100	100,0
„ III . . .	6,0	150,0	400	800,0

B. Die Mittel zur Erzeugung der Wetterbewegung.

Man unterscheidet zwischen natürlicher und künstlicher Wetterführung, je nachdem man zur Erzeugung der Wetterbewegung sich der natürlichen, physikalischen Verhältnisse oder künstlicher Mittel bedient.

a) Die natürliche Wetterführung.

99. — Vorbemerkung. Die natürlichen Verhältnisse, die einen Wetterzug in der Grube im Gefolge haben können, sind Erwärmung

oder Abkühlung der Grubenwetter durch die Gebirgstemperatur; Aufnahme spezifisch leichter Gase, namentlich des Wasserdampfes; Stoßwirkung fallenden Wassers; Abkühlung der Wetter durch dieses und Stoß- oder Saugwirkung des Windes.

Die Diffusion kommt wegen ihrer zu geringen Wirkung hier nicht in Betracht.

Temperaturveränderung und Feuchtigkeitsaufnahme der Grubenwetter gehen, wie aus dem früheren Abschnitt II über die Grubenwetter (siehe besonders S. 441 ff.) zu entnehmen ist, in der Regel Hand in Hand, und ihre Wirkungen mit Bezug auf die Volumen- und Gewichtsänderung der Grubenwetter verstärken einander. Sie sind für die natürliche Wetterführung in erster Linie von Bedeutung, während die Wirkung des fallenden Wassers und des Windes untergeordneter und mehr gelegentlicher Art sind.

100. — Wirkung des natürlichen Wetterzuges bei Stollengruben. In horizontalen Strecken oder in Grubenbauen, die in einer horizontalen Ebene liegen, wird die etwaige Gewichtsänderung der Grubenwetter durch Erwärmung, Abkühlung oder Feuchtigkeitsaufnahme ohne Einfluß auf die Wetterbewegung sein. Stollengruben, bei denen die beiden Ausgänge und die sämtlichen Baue etwa in gleicher Höhe liegen, werden deshalb auf eine natürliche Bewetterung zumeist nicht rechnen können.

Anders ist es, wenn Höhenunterschiede vorhanden sind, so daß mehr oder weniger hohe Luftsäulen einander gegenüber stehen. Bei ungleichmäßiger Erwärmung kann dann eine Luftbewegung eintreten. Der Vorgang ist ähnlich demjenigen in einem Schornstein. Ist die Luft im Schornstein ebenso warm wie die äußere Luft, so ist sie in Ruhe, weil das Gleichgewicht nirgends gestört ist; ist sie wärmer und deshalb leichter als die äußere Luft, so steigt sie nach oben; ist sie dagegen kälter und deshalb schwerer, so fällt sie durch den Schornstein herab.

In einer flachen Stollengrube (Fig. 464) von etwa 25 m Teufe haben wir eine gleichmäßige Gesteinstemperatur von etwa 9° zu erwarten. Die Temperatur der äußeren Luft liegt im Sommer höher und im Winter tiefer, so daß die in die Grube tretende Luft dort im Sommer abgekühlt und im Winter erwärmt werden wird. Welche Temperatur die Grubenwetter im horizontalen Stollen und in den sonstigen Bauen besitzen, ist zunächst ohne Belang.



Fig. 464. Stollengrube.

Denn es kommt ausschließlich auf den Gewichtsunterschied der Luftsäule im Schachte und einer gleich hohen Luftsäule (S) über dem Stollenmundloch an. Im Sommer ist die im Schachte befindliche Luft infolge Einwirkung der Gesteinstemperatur kühler, also dichter und schwerer als die Außenluft, so daß sie gegenüber der Luftsäule über dem Stollenmundloch das Übergewicht hat. Die Folge ist, daß die Luft im Schachte niedersinkt, daß der Schacht ein- und der Stollen auszieht.

Umgekehrt ist der Vorgang im Winter. Die im Schachte befindliche Luft ist wärmer und leichter als die vor dem Stollenmundloche stehende Außenluft. Der Schacht zieht aus und der Stollen ein. In der Zeit des Überganges, also im Frühjahr und Herbst, muß jedesmal eine Stockung des Wetterzuges vor der schließlichen Umkehr der Stromrichtung eintreten.

Es hat auf den ersten Blick den Anschein, als ob der Wetterzug im Sommer gleich kräftig wie im Winter sein müßte, weil die Temperaturunterschiede gegen das Jahresmittel von 9 ° im Sommer ebenso groß wie im Winter sind. Tatsächlich ist aber die Wetterführung in solchen Gruben im Winter besser als im Sommer. Auch pflegt die Zeit, während deren der Stollen die Wetter einzieht, wesentlich länger als ein halbes Jahr anzudauern.

Es liegt das daran, daß im Winter die Luft zunächst den Stollen und die Baue bestreicht und hier volle Gelegenheit findet, die Gesteinstemperatur anzunehmen. Sie wird also, tatsächlich bis auf die Gebirgstemperatur erwärmt, in den Schacht eintreten. Im Sommer dagegen fällt die warme Außenluft unmittelbar in den Schacht ein und kann nur innerhalb des Schachtes selbst, also auf einem sehr kurzen Wege, sich herabkühlen. Die spätere Abkühlung in den Bauen kommt der Stärke des Wetterzuges nicht mehr zugute. Deshalb pflegt der Wetterzug schwächer als im Winter zu sein.

Bei Gruben mit 2 Schächten, deren Hängebänke in verschiedener Höhe liegen (Fig. 465), finden wir dieselben oder ähnliche Verhältnisse bezüglich der Wetterführung wie bei Stollengruben. Man kann die Wirkung dadurch verbessern, daß man auf den höher gelegenen Schacht einen Schornstein setzt, um den Höhenunterschied zu vergrößern. Allzuviel Wirkung wird man sich aber von solch einem Schornstein nicht versprechen dürfen, da er nicht im selben Maße wie das Gestein im Schachte erwärmend oder abkühlend auf die Wetter einwirkt, sondern selbst annähernd die Außentemperatur besitzt.



Fig. 465. Grube mit 2 Schachtöffnungen in verschiedener Höhenlage.

101. — **Wirkung des natürlichen Wetterzuges auf flache Gruben mit 2 Schächten in gleicher Höhenlage.** Bei einer flachen Grube mit 2 Schächten in gleicher Höhenlage (Fig. 466) hat man im Winter auch einen natürlichen Wetterzug zu erwarten. Denn sobald der Wetterzug — gleichgiltig nach welcher Seite — einmal in Bewegung gekommen ist, treten die unter Tage erwärmten Wetter in den einen der beiden Schächte ein, erwärmen diesen und machen ihn zum ausziehenden Schachte, während gleichzeitig die kalte Außenluft in

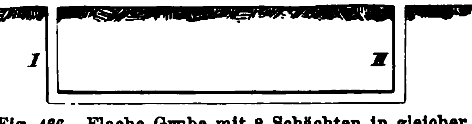


Fig. 466. Flache Grube mit 2 Schächten in gleicher Höhenlage.

den andern Schacht einfällt. Ist einmal der Wetterzug eingeleitet, so wird er so lange bestehen bleiben, als die Außentemperatur kälter als diejenige unter Tage ist und hier eine Erwärmung der eingetretenen Luft stattfindet. Sobald aber im Sommer die Außentemperatur über die Temperatur in der Grube steigt, so daß sich die Luft unter Tage abkühlt, muß der Wetterzug zum Stillstand kommen. Die Grubenbaue und beide Schächte sind dann von einer verhältnismäßig schweren Luft erfüllt. Selbst wenn aus irgend einem Anlaß warme Außenluft in einen der beiden Schächte träte, so würde sie alsbald durch die kühle und schwere Luft des andern Schachtes wieder herausgedrückt werden, und ein Wetterzug könnte nicht entstehen. Für den Sommer müssen also künstliche Mittel zur Wetterbewegung in Anwendung kommen.

102. — Wirkung des natürlichen Wetterzuges bei tiefen Gruben. Noch anders liegen die Verhältnisse bei tiefen und warmen Gruben (Fig. 467), deren Gebirgstemperatur das ganze Jahr hindurch höher als die Außentemperatur ist. Dann findet stets eine Erwärmung der Luft in der Grube statt, und sobald der Wetterzug nach der einen oder andern Richtung in Bewegung gekommen ist, bleibt der Strom bestehen. Selbstverständlich wird er im Winter kräftiger als im Sommer sein, während im übrigen die Stärke des Stromes mit der Tiefe und Temperatur der Grube steigt. Unter Umständen kann der natürliche Wetterzug bei tiefen Gruben völlig für die Bewetterung ausreichen. Jedenfalls wird die Arbeit des Ventilators wesentlich erleichtert, da der Ventilator durch den natürlichen Wetterzug unterstützt wird. Ferner besteht der Vorteil, daß bei Stillständen des Ventilators der Wetterzug — mit verminderter Stärke — andauern kann.

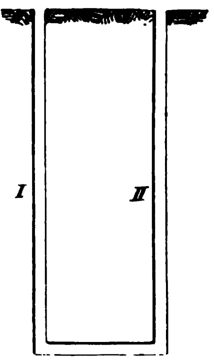


Fig. 467. Tiefe Grube mit 2 Schächten in gleicher Höhenlage.

103. — Wirkung des fallenden Wassers. Das im Schachte herniedertropfende Wasser wirkt, abgesehen von der etwaigen Abkühlung der Luft, durch mechanischen Stoß, indem es beim Fallen Luftteilchen vor sich her zu treiben und mit sich zu reißen sucht. Aus dieser Wirkung folgt, daß fallendes Wasser für einziehende Schächte erwünscht sein kann, daß es aber in ausziehenden Schächten von schädlichem Einflusse ist. Der französische Ingenieur Petit hat gefunden, daß bei einziehenden Schächten 12—16 % der im fallenden Wasser steckenden Arbeit für die Wetterführung nutzbar gemacht werden, daß aber in ausziehenden Schächten, wo das Wasser auf die entgegenkommende Luft mit größerer Geschwindigkeit aufprallt, die hemmende Wirkung bis zu 58 % der im Wasser steckenden Arbeit ansteigen kann.

104. — Wirkung des Windes. Der Wind als natürliches Wetterbewegungsmittel kann selbstverständlich nur bei flachen und wenig ausgedehnten Gruben in Betracht kommen. Bei der Unregelmäßigkeit seines Auftretens soll man sich auf ihn allein überhaupt nicht verlassen. Der Wind wird aber manchmal dazu benutzt, die natürliche Wetterführung zu unterstützen, indem man Wetterschächten einen drehbaren Wetterhut

aufsetzt, in den man den Wind hineinblasen läßt, falls der Schacht einzieht, oder der in die Windrichtung gedreht wird, falls der Schacht ausziehen soll, wie dies die voll ausgezogenen und die punktierten Pfeile der Fig. 468 andeuten.

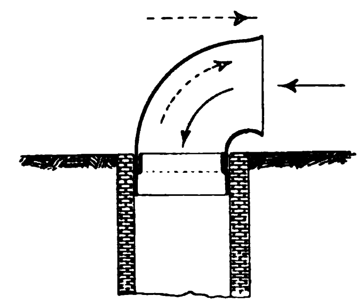


Fig. 468. Wetterhut.

105. — Feststellung der Stärke des natürlichen Wetterzuges. Zur Feststellung der Stärke des natürlichen Wetterzuges kann man sich der Rechnung bedienen. Haben wir z. B bei einer Grube zwei Schächte von je 400 m Tiefe, so werden wir vielleicht im einziehenden Schacht 10° C. Durchschnittstemperatur und 50% Sättigung mit Wasserdampf, im ausziehenden dagegen 20° C. und 100% Sättigung feststellen können. Dann wiegt bei 760 mm Druck 1 cbm im einen Falle 1,246 kg und im anderen 1,194 kg. Die eine Luftsäule würde gegenüber der anderen einen Überdruck von $400 \cdot 0{,}52 = 208$ kg auf je 1 qm besitzen und die natürliche Depression demgemäß 20,8 mm betragen

Bei Gruben ohne künstliche Wetterführung läßt sich bisweilen die natürliche Depression leicht unmittelbar messen, indem man für den Versuch den ausziehenden Schacht mit einer Haube plötzlich schließt. Die in ihm befindliche, leichte Luft besitzt einen gewissen Auftrieb, der dem Druckunterschied der beiden Luftsäulen gleich ist. Bringt man also auf der für kurze Zeit aufgesetzten Haube einen Depressionsmesser an, so kann der Druckunterschied als Kompression abgelesen werden.

Für Gruben mit künstlicher Wetterführung kann aus dem Verlaufe der Linien des Temperaments auf die Stärke des natürlichen Wetterzuges geschlossen werden (vergl. Ziff. 146 dieses Abschnittes).

106. — Dampfrohrleitungen als Wetterbewegungsmittel. Auf der Grenzlinie zwischen natürlicher und künstlicher Wetterführung steht die Benutzung von Dampfrohrleitungen zur Erzeugung des Wetterzuges, die aus anderen betrieblichen Gründen eingebaut sind. Zwecks besserer Wärmeabgabe läßt man wohl auch die Isolation fehlen. Solche Leitungen im ausziehenden Schachte sind ebenso nützlich, wie sie im einziehenden Schachte schädlich wirken. Übrigens sei bemerkt, daß Dampfrohrleitungen wegen der Brandgefahr nur in Schächten zu dulden sind, die in Mauerung oder eisernem Ausbau stehen.

b) Die künstliche Wetterführung.

Die Mittel zur künstlichen Erzeugung des Wetterzuges sind Wetteröfen, Wettermaschinen und Strahlapparate.

1. Wetteröfen.

107. — Einleitung. Das sog. Kesseln. Das älteste, künstliche Mittel zur Erzeugung des Wetterzuges bestand in der unmittelbaren Erwärmung des ausziehenden Wetterstromes durch Feuer im Schachte selbst,

durch das sog. „Kesseln". Hierbei wurde ein Feuerkorb an Ketten in den Schacht gehängt. In dem Korbe wurde ein Koks-, Kohlen- oder Holzfeuer unterhalten. Das Verfahren ist der damit verbundenen Gefahren wegen fast allgemein verboten worden.

Mit größerem Erfolge und weniger Gefahr sind die Wetteröfen verwendbar. Diese können über oder unter Tage stehen.

108. — Wetteröfen über Tage. Wenn der Wetterofen über Tage sich befindet, so ist der ausziehende Schacht durch einen Wetterkanal an einen möglichst hohen Schornstein anzuschließen, der außerdem mit dem eigentlichen Ofen oder dem Herde in Verbindung steht (Fig. 469).

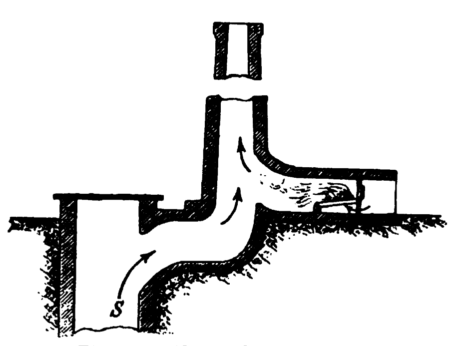


Fig. 469. Wetterofen über Tage.

Das Feuer erwärmt die im Schornstein stehende Luft, so daß dieser saugend auf das Grubengebäude wirkt. Für größere Wettermengen muß der Schornstein bedeutende Abmessungen und eine beträchtliche Höhe erhalten. Ein Teil des ausziehenden Stromes kann als Verbrennungsluft unter den Rost geleitet werden. Bei matten, ausziehenden Wettern ist aber ein schlechtes Brennen die Folge.

In ähnlicher Weise wie ein Wetterofen über Tage wirkt der Anschluß des ausziehenden Schachtes an den Schornstein der Kesselanlage. Von diesem Mittel macht man bisweilen auf leicht zu bewetternden Gruben Gebrauch, wo sonstige Einrichtungen zur künstlichen Bewetterung fehlen.

Insgesamt ist die Wirkung der Wetteröfen über Tage gering, weil die erwärmte, leichte Luftsäule nur die verhältnismäßig niedrige Höhe des Schornsteins besitzt.

109. — Wetteröfen unter Tage. Die unter Tage befindlichen Wetteröfen sind weit wirksamer, weil die hohe Luftsäule im ganzen ausziehenden Schachte erwärmt wird. Dem Ofen wird als Verbrennungsluft ein frischer Teilstrom oder in schlagwetterfreien Gruben ein Teil der abziehenden Grubenwetter zugeführt. Die Abgase steigen im ausziehenden Schachte S (Fig. 470) hoch, in den der ausziehende Strom bezw. der Rest desselben besonders geleitet wird. Auf jeder Kohlengrube ist beim Vorhandensein von Wetteröfen in der Nähe von Flözen Grubenbrand zu befürchten, so daß in dieser Beziehung Vorsichtsmaßregeln zu

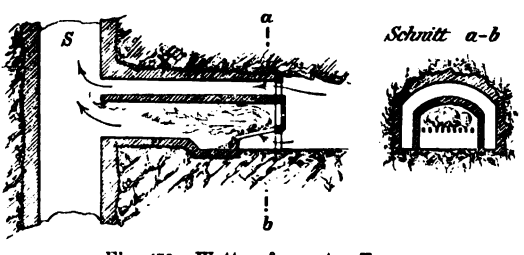


Fig. 470. Wetterofen unter Tage.

treffen sind. Die Fig. 470 zeigt, wie durch einen Luftmantel die übermäßige Erhitzung des umgebenden Gesteins verhindert werden kann.

Unterirdische Wetteröfen arbeiten häufig, namentlich bei weiten Gruben, wo die Depression nicht sonderlich hoch zu sein braucht, nicht unwirtschaftlich. Es liegt dies darin begründet, daß die von den Kohlen erzeugte Verbrennungswärme unmittelbar und nicht erst auf dem Umwege der Dampferzeugung und Maschinenkraft ausgenützt wird. Stets aber sind Wetteröfen unter Tage insofern lästig, als sie den ausziehenden Schacht unfahrbar machen. Auch sind sie, abgesehen von der Flözbrandgefahr, unter Umständen gefährlich. Bricht nämlich im einziehenden Schachte oder an einem anderen Punkte des Grubengebäudes ein Brand aus, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß die Stromrichtung der Wetter umschlägt und die Feuerungsgase des Wetterofens in die Grubenbaue gelangen.

Künstliche Bewetterung mittels mechanischer Vorrichtungen wird deshalb in den meisten Fällen den Vorzug verdienen.

2. Wettermaschinen.

110. — Einteilung. Die Bewetterungsmaschinen oder Ventilatoren lassen sich in zwei große Gruppen einteilen, und zwar in diejenige der Volumenmaschinen und diejenige der Depressionsmaschinen.

Volumenmaschinen.

111. — Allgemeines. Die Volumenmaschinen erfassen bei jeder Umdrehung oder jedem Hin- und Hergang der bewegten Teile eine gewisse Menge Luft und schieben sie fort. Das Volumen der fortbewegten Luft hängt also allein von der Tourenzahl und von den Maßen der Maschine ab. Die so von der Maschine beförderte Luft wird entweder in die Grube gedrückt oder aus dieser herausgenommen. Es ist dabei gleichgültig, wie groß der Widerstand der Grube ist, da das bestimmte Volumen in jedem Falle fortbewegt wird.

Die Volumenmaschinen werden jetzt für die Bewetterung von Gruben nur noch ausnahmsweise angewandt und besitzen in der Hauptsache geschichtliches Interesse. Es sollen deshalb nur ihre Hauptvertreter kurz besprochen werden.

Die Volumenmaschinen arbeiten entweder:

a) mit hin und her gehender Bewegung (Kolben- und Glokkenmaschinen) oder
b) mit drehender Bewegung (Wetterräder von Fabry, Root usw.).

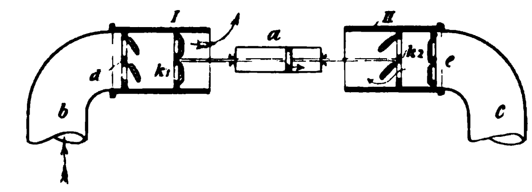
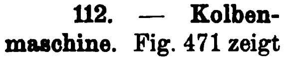


Fig. 471. Kolbenmaschine.



112. — Kolbenmaschine. Fig. 471 zeigt schematisch das Bild einer Kolbenmaschine. In der Mitte liegt der Zylinder a einer Dampfmaschine. Zu beiden Seiten sind die Gebläsezylinder

I und *II* angeordnet. Die Kolben des Dampfzylinders und der beiden Gebläsezylinder sind durch eine gemeinsame Kolbenstange verbunden, so daß alle 3 Kolben gemeinsam und gleichmäßig an dem Hin- und Hergange teilnehmen. Die Kolben k_1 und k_2 der beiden Gebläsezylinder sind mit Klappen versehen, die sich in der Richtung nach dem Dampfzylinder hin öffnen. In gleicher Weise sind Klappen an den die Gebläsezylinder von den Saugkanälen *b* und *c* trennenden Wänden *d* und *e* angebracht, während die Gebläsezylinder nach der anderen Seite hin offen sind. Wenn nun, wie in der Figur angenommen ist, die Bewegung der Kolben von links nach rechts erfolgt, so wird im Gebläsezylinder *I* hinter dem Kolben Luftverdünnung und hinter dem Kolben *II* Luftverdichtung hervorgebracht. Infolgedessen strömt die Grubenluft nach Öffnung der Klappen in der Wand *d* in den Zylinder *I*, während die vorher angesaugte, im Zylinder *II* befindliche Luft die Klappen des Kolbens aufstößt und ausströmt. Bei der Umkehrung der Bewegung kehrt sich auch das Spiel der Maschine um.

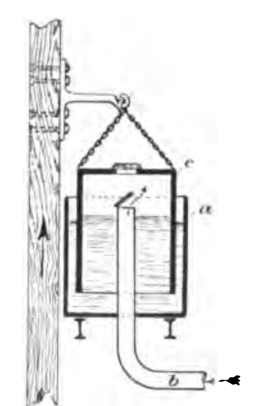


Fig. 472. Harzer Wettersatz.

Ähnliche Gebläsemaschinen finden sich auf Hüttenwerken, wo es weniger auf große Luftmengen als auf hohen Druck ankommt.

113. — Glockenmaschine. Mit sehr einfachen Hilfsmitteln arbeitet die Glockenmaschine (Fig. 472), die auch unter dem Namen Harzer Wettersatz bekannt ist. Durch den Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes *a* ist ein Rohr *b* geführt, dessen obere Öffnung mit einem nach oben sich öffnenden Klappenventil versehen ist. In den Raum zwischen Gefäßwand und Rohr taucht die sog. Glocke ein, die oben ebenfalls ein Klappenventil für die Ausströmung der Luft trägt. Wird die Glocke, wie in der Figur angedeutet, gehoben,



so saugt sie Luft an, wird sie gesenkt, so wird die vorher angesaugte Luft durch das obere Ventil ins Freie gedrückt. Will man eine ununterbrochene Wetterbewegung haben, so kann man 2 Glockenmaschinen mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung miteinander verbinden.

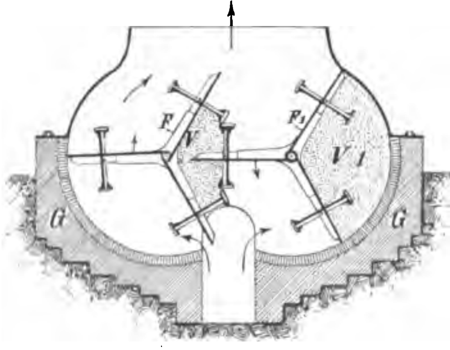


Fig. 473. Fabrysches Wetterrad.

Solche Harzer Wettersätze sind einfach und billig und unter Umständen, wo andere Hilfsmittel nicht zu haben sind, auch jetzt noch anwendbar.

114. — Wetterräder. Fabrysches Wetterrad. Von den Wetterrädern hatte dasjenige von Fabry früher eine große Verbreitung (Fig. 473). Es besteht aus 2 Rädern *F* und F_1 mit je 3 ineinander greifenden Flügeln. Die Flügel

bewegen sich in entgegengesetzter Drehrichtung mit gleichmäßiger Geschwindigkeit und tunlichst geringem Spielraum in einem Gehäuse G, das unten an den Saugkanal anschließt und oben eine Ausblaseöffnung hat.

Die Wirkung der Vorrichtung ist an der Hand der Figur leicht verständlich. Jedes der beiden Räder befördert an der Wandseite bei einmaliger Umdrehung 3 mal die Luftmenge V_1 nach außen, während an der Innenseite die infolge des Ineinandergreifens der Flügel eingeschlossene, kleinere Luftmenge V wieder zurück in die Grube gelangt. Die Differenz der beiden Mengen ist endgiltig aus der Grube befördert.

Zurzeit werden solche Wetterräder nicht mehr gebaut.

115. — Roots Gebläse. In der Wirkung ganz ähnlich ist das Gebläse von Root, das für hohe Tourenzahlen geeignet ist. Statt der großen sperrigen Räder beim Fabryschen Wetterrade werden hier kleine, solide Trommeln, etwa in der Form einer 8, verwandt. Genau wie bei dem genannten Wetterrade wird die Luft am äußeren Umfange nach außen befördert, während nach der inneren Seite die beiden Räder so ineinander greifen, daß überhaupt keine Luft wieder zurückgebracht wird.

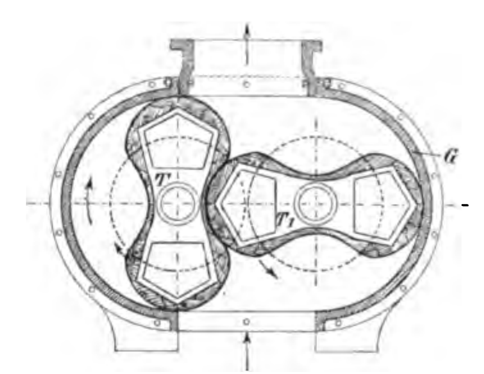


Fig. 474. Roots Gebläse.

Die Root-Gebläse wurden früher viel zur Sonderbewetterung z. B. einzelner Querschläge benutzt, sind aber jetzt ebenfalls durch gewöhnliche Flügelräder ersetzt. Über Tage finden sie sich öfter z. B. in den Nebengewinnungsanlagen von Koksöfen, wo es mehr auf Erzeugung höherer Drücke als auf Fortbewegung größerer Luftmengen ankommt.

Depressionsmaschinen.

Beschreibender Teil.

116. — Allgemeines. Die sog. Depressionsmaschinen bewegen nicht unter allen Umständen eine bestimmte Luftmenge fort, sondern erzeugen nur, je nachdem sie mit ihrer Saug- oder mit ihrer Ausblaseöffnung an die Grube angeschlossen sind, eine gewisse Depression (Saugwirkung) oder Kompression (Druckwirkung). Ob und inwieweit der Luftstrom der Saug- oder Druckwirkung folgt, hängt von dem Widerstande ab, den der Strom auf seinem Wege findet.

Die Depressionsmaschinen unterbrechen nicht wie die Volumenmaschinen die Verbindung der Grubenwetter mit der äußeren Luft durch Ventile, Kolben oder Flügel. Vielmehr bleibt diese Verbindung stets offen, so daß auch bei Stillstand des Ventilators durch ihn die in der Grube befindliche Luft nach außen oder die atmosphärische Luft in die Grube gelangen kann. Während also bei Volumenmaschinen der Wetterzug aufhören muß, wenn der Ventilator zum Stillstand kommt, kann bei Depressionsmaschinen der Wetterzug andauern.

Es gibt 2 Gattungen von Depressionsmaschinen: die **Schraubenräder** und die **Schleuderräder**.

117. — **Schraubenräder.** Die Schraubenräder haben für die Bewetterung von Gruben zwar nur eine geringe Bedeutung, müssen aber kurz besprochen werden, weil ihre Bauart und Wirkung zum Teil auch bei den Flügelrädern erkennbar sind.

Die Schraubenräder sind in ihrem Bau einem Windmühlenrade oder einer Dampfschiffsschraube ähnlich. Die Wirkung ist etwa in der Umkehrung zu denken. Während das Windmühlenrad vom Winde gedreht wird und Kraft abgibt, soll das mechanisch angetriebene Schraubenrad Wind erzeugen. Die Dampfschiffsschraube dreht sich, um sich selbst mit dem Schiffe im Wasser vorwärts zu bewegen. Das Schraubenrad dreht sich an seinem festen Standorte, um den Luftstrom in Bewegung zu bringen.

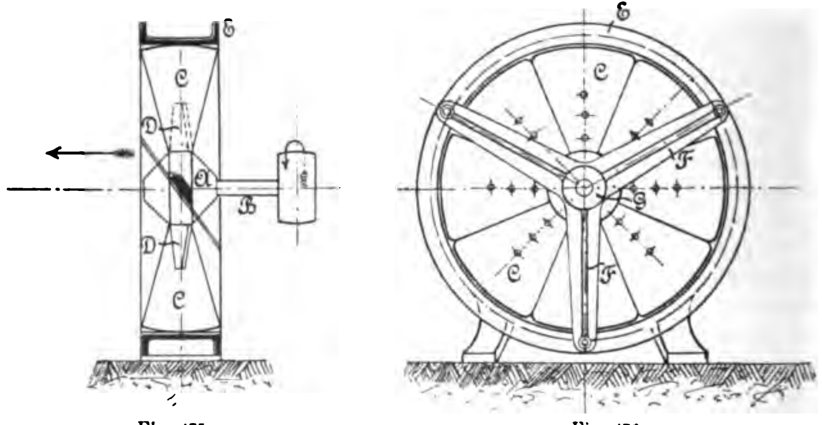


Fig. 475. Fig. 476.
Schraubenventilator von Schiele.

Nach dem Gesagten besitzt also ein Schraubenrad windmühlenähnlich gestellte Flügel, die die Luft fortschieben. Der Neigungswinkel der Schraubenflügel beträgt 45°. Damit die vom Rade fortbewegte Luft nicht wieder in den Raum zurückströmt, aus dem die Luft angesaugt ist, muß das Rad am Umfange durch ein zylindrisches Gehäuse umschlossen sein, das unmittelbar an den Saug- wie an den Ausblasekanal anschließt. Die Figuren 475 u. 476 stellen den Schraubenventilator von **Schiele** dar. *A* ist die auf Welle *B* befestigte Nabe; an den schräg gestellten Armen *D* sind die Flügel *C* befestigt, die sich in dem Gehäuse *E* drehen.

Die Schraubenräder arbeiten insofern günstig, als sie imstande sind, große Luftmengen fortzubewegen, und sie hierbei der Luft einen geringen Durchströmungswiderstand bieten. Aber sie erzeugen nur eine geringe Depression (kaum über 20 mm), so daß sie für die Bewetterung neuzeitlicher Gruben nicht mehr ausreichen. Schraubenräder werden viel für die Ventilation von Versammlungssälen und Gebäuden benutzt und sind hierfür besonders geeignet, da sie sich ohne Schwierigkeit in jeder

Wand anbringen lassen, was bei Schleuderrädern wegen der verwickelten Luftführungskanäle nicht der Fall ist.

118. — Wirkungsweise der Zentrifugalventilatoren oder Schleuderräder. Während bei den Schraubenrädern die Luft in der Stromrichtung fortgeschraubt wird, so daß sie in ihrer gradlinigen oder doch annähernd gradlinigen Bewegung auch innerhalb des Rades verharren kann, ist die Wirkungsweise der Schleuderräder oder Zentrifugalventilatoren ganz anders.

Bei den Schleuderrädern sind auf der Achse radial gestellte Schaufeln, deren Breitseite in der Achsrichtung liegt, angebracht. Das Rad bewegt sich entweder zwischen zwei feststehenden Wänden, oder, was häufiger ist, es besitzt selbst Seitenwände, die an der Drehung teilnehmen. Da, wo die Achse durch die Seitenwände geführt ist, befindet sich die Saugöffnung. Diese ist entweder nur an einer Seite des Rades oder auch beiderseits vorgesehen. Wird nun das Rad mit großer Geschwindigkeit in Umdrehung versetzt, so muß die zwischen den einzelnen Schaufeln befindliche Luft an der Drehung teilnehmen und wird infolge der Fliehkraft tangential aus dem Rade herausgeschleudert werden. Im Rade selbst wird ein luftverdünnter Raum entstehen, so daß frische Luft durch die Saugöffnungen nachströmt. Je schneller das Rad sich dreht, um so kräftiger wird die Luft aus ihm herausgeschleudert, und um so größer ist die Saugkraft. Die Wirkungsweise bleibt dieselbe, gleichgültig, ob das Rad rechts oder links herum läuft. Wenn auch selbstverständlich die Bauart so berechnet ist, daß bei einer bestimmten Drehrichtung der günstigste Erfolg sich ergibt, so wird doch in jedem Falle die Luft tangential herausgeschleudert und achsial angesaugt.

119. — Bauart im einzelnen. Der Luftstrom im Rade selbst. Die Bauart der Räder ist darauf berechnet, daß die Luft möglichst stoß- und reibungsfrei und unter geringem Arbeitsaufwande durch das Rad geführt wird. Dem stehen allerdings Schwierigkeiten mannigfacher Art entgegen. Die aus der Radmitte kommende Luft wird nach dem Umfange zu eine immer größere Geschwindigkeit anzunehmen suchen, weil die Fliehkraft um so mehr wächst, je mehr sich die einzelnen Luftteilchen dem Umfange nähern. Mit der größeren Geschwindigkeit nimmt der beanspruchte Querschnitt ab. Der Luftstrom wird sich also vor der treibenden Schaufel in der in Fig. 477 dargestellten Weise zusammenpressen. Da sich nun gleichzeitig der Raum zwischen je zwei Schaufeln verbreitert, so daß der Luftstrom nicht mehr den ganzen ihm zur Verfügung stehenden Querschnitt gleichmäßig ausfüllen kann, ist die Folge, daß am Radumfange Wirbel entstehen und daß sogar, wie in der Fig. 477 angedeutet, ein Rückfluß der Luft aus der äußeren Atmosphäre in das Rad stattfinden kann. Derartige Wirbelbildungen sind schädlich, weil sie die Wirkung beeinträchtigen und einen dauernden Arbeitsverlust bedeuten.

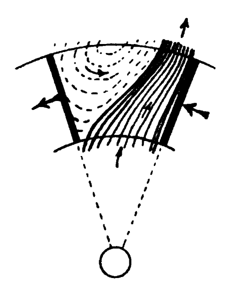


Fig. 477. Zusammendrängung der Luft vor der treibenden Schaufel.

Um sie zu vermeiden, verschmälert man bei manchen Konstruktionen das Rad nach dem Umfange zu (siehe die Figuren 480, 481, 486 und 489). Der Luftstrom kann dann gleichmäßiger den Raum zwischen den Schaufeln ausfüllen. Den gleichen Zweck erreicht man, wenn man am Umfange Keilstücke (Fig. 488) schafft, die den überflüssigen, leicht zu Wirbelbildungen Anlaß gebenden Raum unschädlich machen und hier den Durchgangsquerschnitt verkleinern.

120. — **Anordnung und Gestalt der Schaufeln.** Eine von den verschiedenen Fabrikanten sehr verschieden gelöste Frage betrifft die Anordnung und Gestaltung der Schaufeln. Die Schaufeln können am Umfange radial auslaufen, oder sie können in der Drehrichtung nach vorn oder nach rückwärts gelehnt sein. In allen Fällen können die Schaufeln gerade oder gekrümmte Flächen besitzen.

Die Stellung der Schaufeln ist von Einfluß auf die Austrittsgeschwindigkeit der Luft. Jedes am Umfange des Rades austretende Luftteilchen würde in genau tangentialer Richtung mit der Umfangsgeschwindigkeit des Rades fortgeschleudert werden, wenn es sich innerhalb des Rades in Ruhe befände und keine Eigenbewegung hätte. Nun ist aber das Luftteilchen bereits in Bewegung befindlich, weil es vom Innern des Rades nach dem Umfange strömt und hier mit einer gewissen, in der Schaufelrichtung verlaufenden Geschwindigkeit ankommt. Diese Stromrichtung und Geschwindigkeit wirken auf das Luftteilchen noch ein, nachdem es das Rad bereits verlassen hat. Es sind also 2 Kräfte, die die Austrittsrichtung und Austrittsgeschwindigkeit des einzelnen Luftteilchens beeinflussen: die tangential, mit der Umfangsgeschwindigkeit wirkende Fliehkraft und die in der Schaufelrichtung wirkende Stromgeschwindigkeit der Luft innerhalb des Rades. Man kann die beiden Kräfte zeichnerisch darstellen, um mittels des Parallelogramms der Kräfte die Resultante oder die tatsächliche Richtung und Geschwindigkeit des fortgeschleuderten Luftteilchens zu finden.

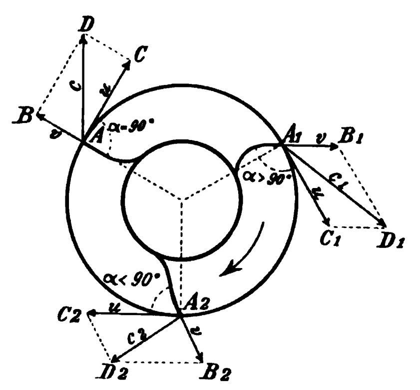


Fig. 478. Geschwindigkeit und Richtung der ausströmenden Luft bei verschiedener Schaufelstellung.

In der Fig. 478 ist für die Umfangsgeschwindigkeit u und für die Stromgeschwindigkeit v innerhalb des Rades die Resultierende c der austretenden Luft bei radial auslaufenden Schaufeln, sodann die Resultierende c_1 bei vorwärts und c_2 bei rückwärts gelehnten Schaufeln dargestellt. Wie man sieht, wird bei nach vorn geneigten Flügeln die Luft mit der größten Geschwindigkeit nach vorn ausgeworfen, bei radial gestellten Schaufeln finden wir eine mittlere Geschwindigkeit und mittlere Austrittsrichtung, während bei rückwärts gelehnten Flügeln die Luft mit geringerer Geschwindigkeit und mehr in radialer Richtung austritt ($c_1 > c > c_2$).

Da die erzeugte Depression eine Folge der Austrittsgeschwindigkeit ist, erscheinen vorwärts geneigte Flügel für solche Fälle geeigneter, wo es auf Erzielung hoher Depressionen ankommt. Anderseits findet bei vorwärts geneigten Flügeln ein stärkerer Druck der Luft auf die Schaufeln und demzufolge eine größere Reibung statt.

Ferner ist die volle Wiedergewinnung der in der herausgeschleuderten Luft steckenden lebendigen Kraft um so schwieriger, je größer die Austrittsgeschwindigkeit ist.

Es läßt sich deshalb nicht sagen, daß eine bestimmte Schaufelstellung vor der anderen den Vorzug verdient. Tatsächlich bewähren sich alle 3 Arten von Schaufelstellungen seit Jahren gut.

Auch die Frage der günstigsten Schaufelform — gerade oder gekrümmt — ist nicht in bestimmtem Sinne entschieden. Da es auf das richtige Zusammenwirken der verschiedenen baulichen Eigentümlichkeiten des Ventilators zum Zwecke der möglichst stoß- und reibungsfreien Hindurchbewegung der Luft ankommt, mag eine bestimmte Schaufelform und -Stellung für die gewählte Bauart und Ausführung am günstigsten sein, ohne daß aber damit ihre Überlegenheit auch bei anderen Ventilatorsystemen erwiesen wäre.

121. — Einlauf. Da die Luft beim Einströmen in den Ventilator in der Stromrichtung um 90° abgelenkt werden muß, ist zur Vermeidung von Wirbelbildungen eine sorgsame Ausgestaltung des Einlaufs notwendig. Man bringt aus diesem Grunde einen sog. Einlaufkegel auf der Ventilatorwand an, der den Strom führt und allmählich in die Richtung der Ventilatorebene ablenkt (siehe Fig. 480). Den gleichen Zweck erfüllen die kegelförmig aufgewölbten Ventilatorwände (siehe Figuren 481—486), die bei manchen neueren Ventilatoren angewandt werden. Auch die schraubenförmig gestalteten Schöpfschaufeln, die den eigentlichen Radschaufeln vorgeschaltet sind, sollen in gleicher Weise wirken und die Luft stoßfrei in die neue Bewegungsrichtung umlenken (siehe Figuren 482—487).

122. — Einseitiger oder doppelseitiger Einlauf. Die Ventilatoren können, wie schon oben angedeutet worden ist, einseitig oder zweiseitig saugend eingerichtet werden. Die zweiseitig saugenden Räder pflegen eine Mittelwand zu besitzen. Bei nur einseitiger Einströmung ergibt sich der Übelstand, daß der Luftdruck das Ventilatorrad zu verschieben sucht. Bei Depression im Saugkanal wird nämlich der Ventilator dem Luftstrome entgegen, also in der Richtung zum Saugkanal, gedrückt. Die in Frage kommenden Drücke sind nicht unbeträchtlich. Da jedem Millimeter Depression ein Druck von 1 kg je Quadratmeter entspricht, würde ein Ventilator von 4 m Durchmesser (12,6 qm Kreisfläche) bei 200 mm Depression einen einseitigen Druck von rund 2520 kg auszuhalten haben. Es ist also eine besonders sichere Verlagerung der Achse nötig, damit keine Verschiebung des Rades eintritt.

Diese Schwierigkeiten fallen bei einem zweiseitig saugenden Ventilator fort, da der Druck auf beiden Seiten des Rades gleich ist. Ferner kann die Einlauföffnung, da sie ja doppelt vorhanden ist, einen kleineren Durchmesser als bei einem einseitig saugenden Ventilator haben, so daß das ganze Rad bei gleicher Schaufellänge kleiner sein kann.

Dafür ist aber wieder bei einem zweiseitig saugenden Ventilator die Verlagerung der Achse schwieriger, da diese länger und mindestens durch einen Saugkanal oder aber durch beide geführt sein muß (siehe die Fig. 488). Vor allen Dingen ist aber ferner die Herstellung der Zuführungskanäle verwickelter und umständlicher, so daß man aus diesem Grunde vielfach den einseitig saugenden Ventilator vorzieht.

123. — **Auslauf.** Von besonderer Wichtigkeit ist bei jedem Ventilator der Auslauf der Luft. Die ersten Zentrifugalventilatoren waren an ihrem Umfange nicht ummantelt, sondern bliesen aus dem Rade unmittelbar in die Atmosphäre aus. Hierdurch bildete sich um das sich drehende Rad ein Kranz von Wirbeln, so daß der zwischen je 2 Schaufeln austretende Luftstrom fortwährend gestört und unterbrochen wurde und eine gleichgerichtete, andauernde Bewegung der austretenden Luft nicht zustande kommen konnte. In der mit großer Geschwindigkeit aus dem Rade geschleuderten Luft steckt aber eine erhebliche lebendige Arbeit, wie das folgende Beispiel zeigt:

Wir wollen annehmen, daß der Ventilator in der Sekunde 80 cbm Luft mit 30 m Austrittsgeschwindigkeit fortschleudert. Da die Formel für die lebendige Arbeit:

$$\frac{m \cdot v^2}{2}$$

oder

$$\frac{G \cdot v^2}{2g}$$

ist, erhalten wir im vorliegenden Falle, wenn wir $G = 1{,}2$, $v = 30$ und $g = 9{,}8$ setzen, als Größe der lebendigen Arbeit:

$$\frac{80 \cdot 1{,}2 \cdot 900}{19{,}6 \cdot 75} \sim 58 \text{ PS}$$

Da hiervon in nicht ummantelten Ventilatoren nur ein verschwindend geringer Teil nutzbar gemacht wird, so mußten derartige Schleuderräder einen sehr schlechten Wirkungsgrad haben.

Es ist aber möglich, den größten Teil der in der fortgeschleuderten Luft steckenden lebendigen Arbeit nutzbar zu machen. Wenn nämlich die einzelnen Luftströme ohne Wirbelbildung zu einem einheitlichen Gesamtstrome gesammelt werden, der mit allmählich verminderter Geschwindigkeit in die Atmosphäre austritt, so wirkt ein solcher in gleichmäßiger Bewegung befindliche Strom saugend auf den Ventilator und befördert dessen Arbeit. Die lebendige Arbeit des Stromes wird um so vollkommener wiedergewonnen, je allmählicher und stoßfreier sich der Übertritt in die Atmosphäre vollzieht. Ein allmählich sich erweiternder Querschnitt des Auslaufs ist also erwünscht.

Es war Guibal, der dies zuerst erkannte. Er ummantelte das Rad *b* (Fig. 479) so, daß es nur mit geringem Spielraum in dem Mantel *a* lief. Letzterer erhielt eine einzige Öffnung, an die sich ein Ausblasehals anschloß. Die Öffnung konnte mittels eines Schiebers *c* groß oder klein gestellt werden, um so der jeweiligen Grubenweite angepaßt zu werden. War diese groß, so daß viel Luft nachströmte, so wurde der Schieber weit geöffnet; war sie eng, so wurde die Schieberöffnung klein gestellt.

Bei solcher Anordnung ergab sich die Wirkung, daß die Luft nicht allseitig aus dem Rade ausströmte, sondern daß nur derjenige Flügel die Luft ausblies, der gerade vor der Schieberöffnung stand. In dem sich nach oben konisch erweiternden Ausblasehals entstand so ein regelmäßiger, andauernder Luftstrom.

Ein Nachteil war, daß immer nur ein Flügel seine Luft abgab, so daß der übrige Teil des Rades nicht ausgenutzt wurde und gleichsam tot mitlief. In dieser Hinsicht sind die Ventilatoren durch die fernere Entwickelung verbessert worden. Die Ummantelung und der Ausblasehals sind bestehen geblieben. Jedoch schließt bei den späteren Konstruktionen der Mantel nicht mehr dicht an das Rad an, sondern läßt zwischen sich und dem Rade eine Spirale frei, die schließlich in den Ausblasehals übergeht. Das hat den Vorteil, daß ein im engen Teil der Spirale zwar beschränkter, aber doch ununterbrochener Austritt der Luft auf dem ganzen Radumfange stattfindet. Es entsteht so ein der Windung der Spirale überall folgender, dauernder Luftstrom, der schließlich durch den Hals ins Freie tritt.

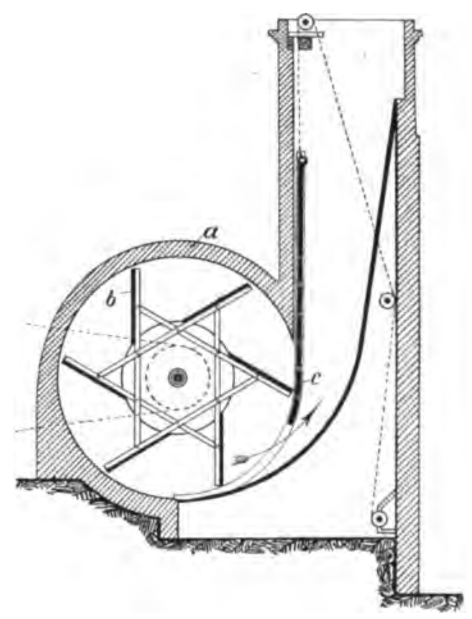


Fig. 479. Alter Guibal-Ventilator.

Der gesamte Auslaufraum wird auch Diffusor (Raum zur Ausströmung und Ausbreitung der Luft) genannt.

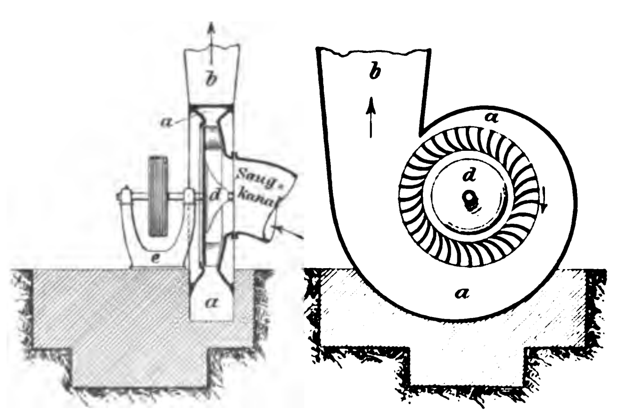


Fig. 480. Geisler-Ventilator.

124. — Einzelbesprechung. Geisler-Ventilator. Im folgenden sollen die bekannteren Ventilatorsysteme erwähnt und ihre besonderen Eigentümlichkeiten kurz besprochen werden.

Der Geisler-Ventilator (Fig. 480) ist einseitig saugend und besitzt schwach gekrümmte, nach rückwärts gelehnte, am Radumfange aber

radial auslaufende Flügel. Das Rad verschmälert sich nach dem Umfange hin. In der Saugöffnung ist der Einlaufkegel *d* angebracht. Der Querschnitt der Auslaufspirale *a* verbreitert sich flaschenförmig.

125. — Jetziger Guibal-Ventilator. Der neue Guibal-Ventilator, der von der Donnersmarckhütte in Oberschlesien gebaut wird, lehnt

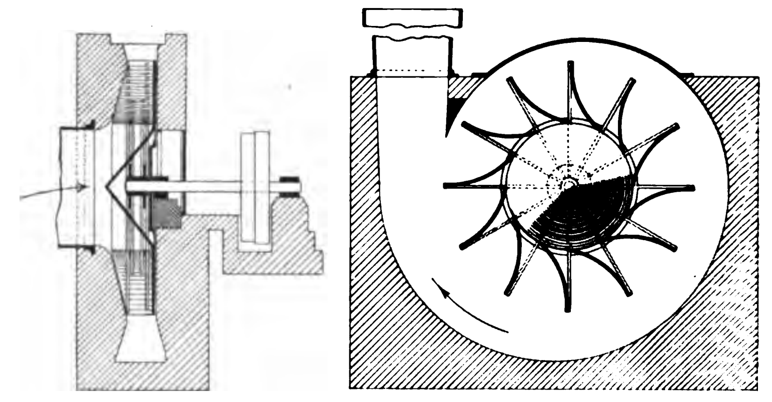


Fig. 481. Neuer Guibal-Ventilator.

sich, wie ein Blick auf die Fig. 481 lehrt, sehr eng an den Geisler-Ventilator an, so daß Besonderheiten nicht zu vermerken sind.

126. — Pelzer-Ventilator. Der Pelzer-Ventilator, gebaut von der Maschinenfabrik Fr. Pelzer zu Dortmund, war ursprünglich als Schraubenrad gedacht. Bei der späteren Entwickelung hat man die

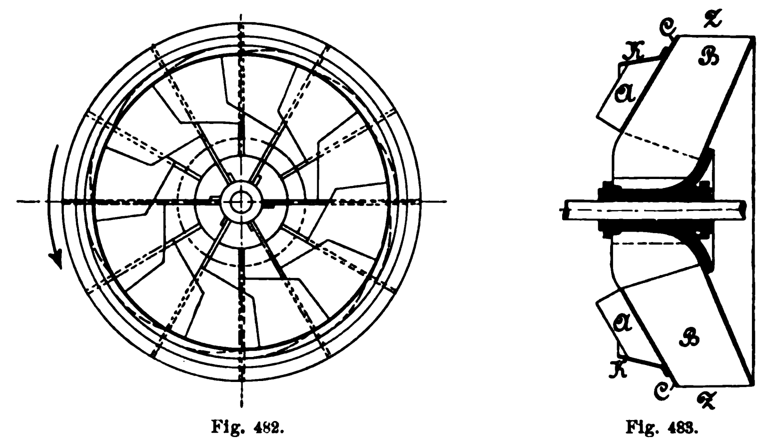


Fig. 482. Fig. 483.
Das Pelzer-Rad in Ansicht und Schnitt.

Schraubenflügel beibehalten, jedoch nur als Schöpfschaufeln für die daran sich schließenden, radial gestellten, geradlinigen, eigentlichen Radflügel (Fig. 482 und 483). In der Fig. 483 sind die Schöpfschaufeln mit *A*, die Radschaufeln mit *B* bezeichnet. Die Ringe *K* und *C* geben den Schöpf-

schaufeln Halt und stellen die Verbindung mit den Radschaufeln her. Der Ventilator saugt einseitig. Die Rückwand des Rades ist wegen des besseren Einlaufs der Luft kegelförmig gestaltet.

Früher wandte Pelzer bei seinen Ventilatoren den in der Fig. 484 dargestellten, verstellbaren Diffusor an. Die Einfassungsmauerung war bei T trichterförmig geführt und bildete mit der gleichfalls kegel- oder trichterförmigen Wand D einen Ringraum, aus dem die Luft durch einen Schlitz in den weiteren Auslaufraum eintrat. Die günstigste Schlitzweite konnte durch Verschieben von D eingestellt werden.

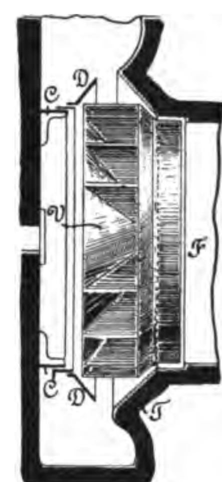


Fig. 484. Pelzer-Rad mit verstellbarem Diffusor (ältere Bauart).

Jetzt ist diese Bauart zugunsten der in Fig. 485 dargestellten verlassen. Durch Einbau des festen Ringes e ist ein Zwischendiffusor d von der Breite des Radauslaufs geschaffen, aus dem die Luft in den allmählich sich verbreiternden Hauptdiffusor D übertritt. Daran schließt sich in der bekannten Weise der gemauerte Kamin.

Die Pelzer-Ventilatoren gehören zu den verbreitetsten und bewährtesten Schleuderrädern.

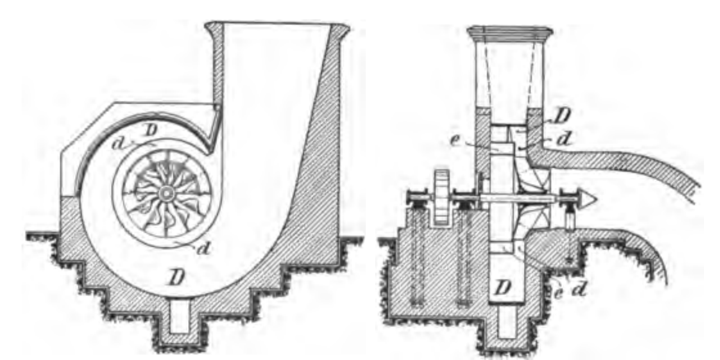


Fig. 485. Neuer Pelzer-Ventilator.

127. — Rateau-Ventilator. Der Rateau-Ventilator (gebaut von Schüchtermann & Kremer zu Dortmund) saugt einseitig und besitzt einen stark aufgewölbten, auf der Achse sitzenden Radboden. Die Schaufeln c sind doppelt gebogen: sie sind nämlich einerseits in der Drehrichtung des Rades nach vorn gekrümmt und anderseits im Einlauf ebenfalls nach vorn gebogen, um als Schöpfschaufeln zu dienen. Nach dem Radumfange hin tritt eine Verschmälerung der Schaufeln ein. Die ganze, schwierig herzustellende Bauart bezweckt eine stoß- und wirbelfreie Bewegung der Luft durch das Rad.

An das Rad schließt sich der schmale Ringdiffusor R und der äußere Diffusor D.

Die Ventilatoren liefern hohe Depressionen, haben in mechanischer und wirtschaftlicher Beziehung sich gut bewährt und schnelle Verbreitung gefunden.

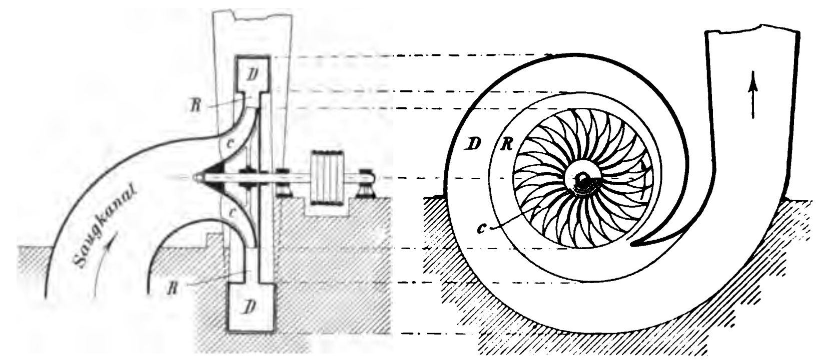


Fig. 486. Rateau-Ventilator.

128. — Der Capell-Ventilator (gebaut von R. W. Dinnendahl zu Kunstwerkerhütte bei Steele a. d. Ruhr) saugt von beiden Seiten an. Schmale Schöpfschaufeln *c* (Fig. 487) führen die Luft in das Rad. Dieses ist überall gleich breit und durch eine mittlere Scheibe in 2 Hälften geteilt. Einlaufkegel sind nicht vorhanden. Form und Anordnung der Schaufeln sind mehrfach geändert worden. Früher besaßen die Schaufeln eine eigentümlich abgesetzte Form, so daß zwei, durch konzentrisch verlaufende Stücke verbundene Schaufelkränze vorhanden waren. In der Fig. 487 ist mit *a* der äußere

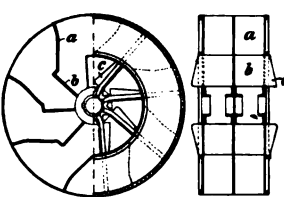


Fig. 487. Älteres Capell-Rad.

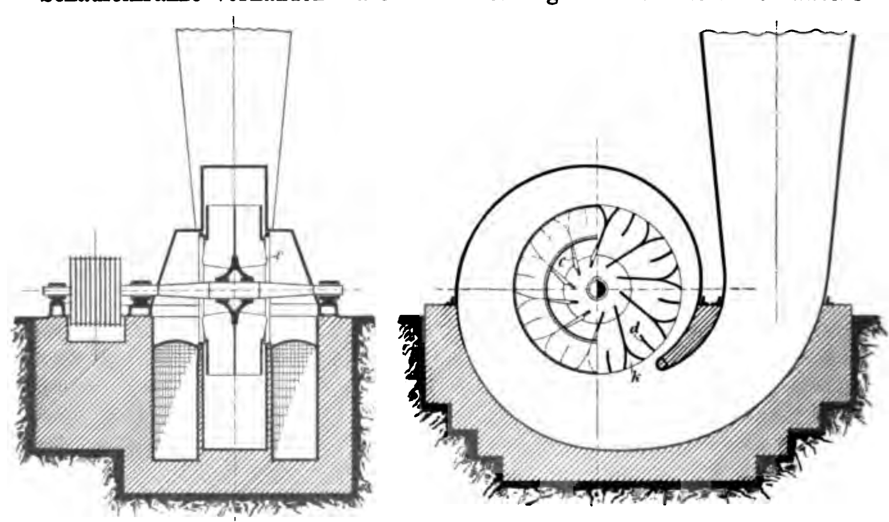


Fig. 488. Neuer Capell-Ventilator.

und mit *b* der innere Schaufelkranz bezeichnet. Der Durchmesser des inneren Kranzes entsprach etwa der Weite der Ansaugöffnung. Der Erfinder wollte mit dieser eigenartigen Anordnung die eigentliche Nutzarbeit durch den inneren Schaufelkranz, das stoßfreie Herausbefördern der Luft durch den äußeren Kranz verrichten lassen.

Die ausführende Firma hat aber mittlerweile diese Bauart wieder verlassen und stellt die Ventilatoren jetzt entsprechend der Fig. 488 her. Bemerkenswert ist die Bildung toter Keilstücke *k* am Radumfange, welche die Austrittsöffnung der Luft aus dem Rade verkleinern, und die Anbringung der kleinen Zwischenschaufeln *d*. Die Auslaufspirale ist im Querschnitt einfach rechteckig.

Während beim Rateau-Ventilator das Hauptgewicht auf zwangläufige, stoßfreie Führung der Luft im Rade gelegt ist, geht die Absicht beim Capell-Ventilator mehr dahin, der Luft den Weg durch das Rad durch große und weite Querschnitte zu erleichtern, um beträchtliche Luftmengen bewältigen zu können.

Capell-Ventilatoren haben sich vielfach recht gut bewährt.

129. — Kley-Ventilator (Fig. 489). Dieser Ventilator fällt zunächst durch seine nach dem Umfange sich verschmälernden, schwach gekrümmten, rückwärts gelehnten und schließlich radial auslaufenden Schaufeln auf. Ein Einlaufkegel ist nicht vorhanden. Derselbe soll durch den eigenartigen, spiraligen Einlauf, der dem Auslauf nachgebildet ist, ersetzt werden. Der angesaugte Wetterstrom wird nämlich nicht wie bei den meisten übrigen Ventilatoren senkrecht auf die Radebene, sondern parallel zu dieser durch Kanal *S* an das Flügelrad herangeführt, um nach dem Durchlaufen einer Einlaufspirale in eine kreisende Bewegung zu kommen. Es soll so dem Flügelrade ein Teil der Arbeit abgenommen werden, so daß dieses die bereits in schneller Umdrehung befindliche Luft nur noch nach außen zu befördern braucht. Die interessante Bauart wird aber jetzt nicht mehr ausgeführt, weil sie die in sie gesetzten Hoffnungen nicht erfüllt hat.

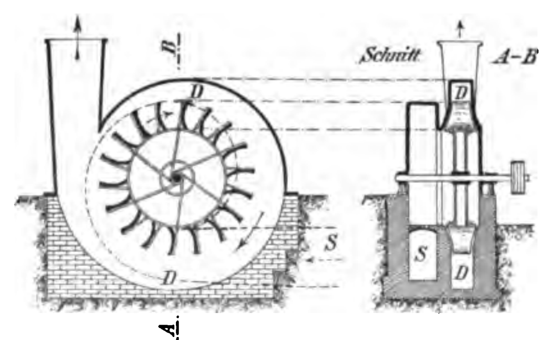


Fig. 489. Kley-Ventilator.

130. — Die Ventilatoren von Winter, Moritz und Schiele. Die Ventilatoren von Winter und Moritz werden seit längerer Zeit nicht mehr gebaut. Beide Ventilatoren sind zweiseitig saugend, arbeiten ohne Diffusor und besitzen so in ihrem Bau eine gewisse Ähnlichkeit. Jedoch sind die Flügel beim Winter-Ventilator nach vorn, beim Moritz-Ventilator nach rückwärts gelehnt.

Der Schiele-Ventilator (Lieferantin ist die Firma G. Schiele & Co. in Bockenheim bei Frankfurt a. M.) ist ebenfalls zweiseitig saugend eingerichtet und besitzt einen Diffusor. Die Flügel sind rückwärts gelehnt.

131. — **Mortier-Ventilator.** Der Mortier-Ventilator, der noch auf einer Reihe von Zechen vorhanden ist, jetzt freilich nicht mehr gebaut wird, fällt durch mehrere Besonderheiten auf. Er gehört seiner Wirkung nach nicht in die Klasse der Zentrifugalventilatoren, weil bei ihm ein achsiales Ansaugen der Luft nicht stattfindet.

Die Schaufeln F des Rades sind auf einer mittleren Scheibe befestigt. Das Gehäuse, in dem das Rad sich dreht, ist auf beiden Seiten bis zur Achse geschlossen. An dem Gehäuse sind zwei in das Rad hineinragende Körper c befestigt, die den freien Querschnitt der einen Radhälfte verengern. Der vom Schacht kommende Luftstrom trifft auf den Radumfang, wird von den Schaufeln erfaßt und von der unteren Hälfte des Rades nach außen befördert. Zur leichteren Bewegung der Luft ist zwischen der unteren Radhälfte und dem Gehäuseblech a ein Schlitz ge-

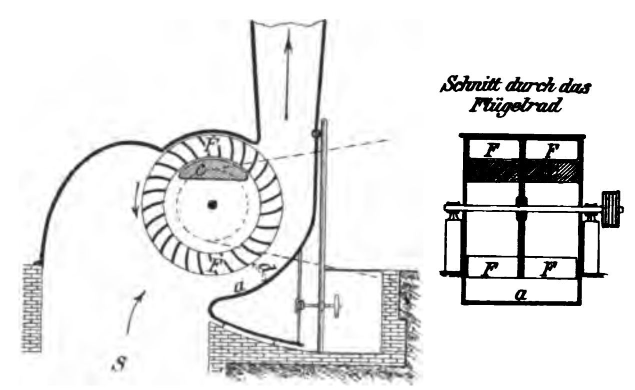


Fig. 490. Mortier-Ventilator.

lassen, dessen Weite d durch Verstellen des Bleches mittels einer Schraube verändert werden kann. An die obere Radhälfte legt sich dagegen das Gehäuseblech eng an. Diese Gestaltung des Gehäuses und das Vorhandensein der Körper c bedingen, daß die von der unteren Radhälfte erfaßte und fortbewegte Luft nur zum kleinsten Teile durch die obere Radhälfte wieder zum Schachte zurückbefördert wird. Die Arbeitsweise ist also, wenn auch mit umgekehrter Wirkung, ähnlich wie die eines Schaufelrades an einem Raddampfer, das nur mit seiner unteren Hälfte in das Wasser eintaucht und deshalb das Schiff fortschiebt.

Der Luftstrom geht nahezu geradlinig durch das Rad hindurch, was gegenüber den gewöhnlichen Schleuderrädern einen Vorteil bedeutet. Die Leistungen solcher Räder waren insgesamt aber nicht derart, daß diese mit den Zentrifugalventilatoren in erfolgreichen Wettbewerb treten konnten.

Die gesetzmäßigen Beziehungen in der Wirkungsweise der Schleuderräder.

132. — **Mechanischer Wirkungsgrad.** Wir hatten (S. 500) den für die Bewetterung einer Grube erforderlichen Kraftbedarf ausgedrückt durch die Formel:

$$N = \frac{V \cdot h}{75}.$$

Es ist natürlich, daß die gesamte, der Antriebsmaschine zuzuführende Kraftmenge größer sein muß, weil die Bewegung der Antriebsmaschine sowohl wie des Ventilators Reibung verzehrt und weil auch die Bewegung der Luft durch den Ventilator selbst nicht ohne Reibungsverluste vor sich gehen kann.

Die zur Bewegung der Antriebsmaschine zugeführte Energie messen wir bei Dampfmaschinen durch Indikatoren (indizierte Leistung) und bei Elektromotoren durch Volt- und Ampèremeter. Wir wollen die der Antriebsmaschine zuzuführende Energie N_i nennen.

N_i muß also stets größer als N sein. Es ist erwünscht, daß N_i verhältnismäßig nicht viel N an Größe übersteigt, daß also der Bruch:

$$\frac{N}{N_i}$$

möglichst nahe an 1 herankommt. Dieses Verhältnis der tatsächlichen Nutzleistung zu der der Antriebsmaschine zugeführten Energie nennen wir den mechanischen Wirkungsgrad.

Man drückt gewöhnlich den mechanischen Wirkungsgrad in Prozenten von N_i aus.

Beispiel: Der Ventilator leistet 80 cbm/sec bei 100 mm Depression. Seine Nutzleistung $N = \frac{80 \cdot 100}{75}$ ist also 106,67 PS. Die Antriebsdampfmaschine weist eine indizierte Leistung von 150 PS. auf. Der mechanische Wirkungsgrad ist also 106,67 : 150 oder 71,1 %.

Mechanische Wirkungsgrade von 70—80 % sind als gut zu bezeichnen.

133. — Zeichnerische Darstellung des mechanischen Wirkungsgrades. Die Kenntnis des mechanischen Wirkungsgrades eines Ventilators bei einer beliebigen, von Zufälligkeiten abhängenden Grubenweite reicht aber zur Beurteilung der Güte des Ventilators nicht aus. Denn der mechanische Wirkungsgrad ist keine bei allen Grubenweiten sich gleichbleibende Größe.

Die Beziehungen zwischen mechanischem Wirkungsgrade und Grubenweite lassen sich in einer Kurve zur Darstellung bringen. Der ungefähre Verlauf einer solchen Kurve wird aus folgenden Erwägungen klar:

Ist die Grubenweite gleich 0, wie dies bei geschlossenem Saugkanal der Fall ist, so wird der Ventilator zwar eine gewisse Depression erzeugen, die geförderte Luftmenge aber wird gleich 0 sein. Deshalb wird auch die Nutzleistung des Ventilators und ebenso sein mechanischer Wirkungsgrad gleich 0 sein. Die ganze auf den Gang des Ventilators verwandte Arbeit, die in diesem Falle nur klein ist, geht durch Reibung in den Lagern und Bildung von Luftwirbeln verloren.

Wächst die Grubenweite durch allmähliche Öffnung des Saugkanals, so beginnt der Ventilator Luft zu fördern und erzeugt eine gewisse Nutzleistung. Der mechanische Wirkungsgrad wird offenbar rasch steigen und wird bei der günstigsten Grubenweite seinen Höchstgrad erreichen. Bei noch größeren Grubenweiten wird er aber wieder sinken müssen. Denn eine Betrachtung des Endfalls — Saugen des Ventilators aus freier

Atmosphäre, was eine unendlich große Grubenweite bedeutet — zeigt, daß der Ventilator wieder keine Nutzarbeit mehr leistet. Er fördert zwar viel Luft, erzeugt aber keine Depression mehr. Da diese gleich 0 wird, ist auch die Nutzleistung und der mechanische Wirkungsgrad gleich 0. Die Kurve des mechanischen Wirkungsgrades muß also bei größer werdender Grubenweite wieder abfallen und sich allmählich der Nulllinie nähern.

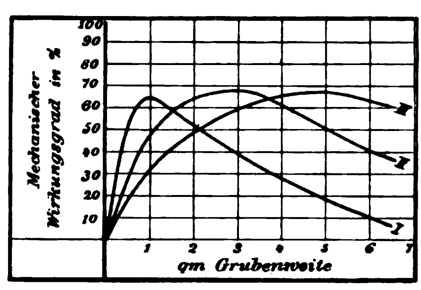


Fig. 491. Kurven des mechanischen Wirkungsgrades.

In der Fig. 491 sind die Kurven der mechanischen Wirkungsgrade von 3 verschiedenen Ventilatoren gezeichnet. Bei Kurve *I* liegt der günstigste mechanische Wirkungsgrad bei 1 qm Grubenweite, und man sieht, daß, wenn man die Grubenweite auf 3 qm vergrößert, für diesen Ventilator der Wirkungsgrad von etwa 64 % bereits auf 40 % sinkt. Wenn der Ventilator für 1 qm Grubenweite gebaut ist, so darf man also seinen mechanischen Wirkungsgrad nicht bei 3 qm gleichwertiger Öffnung feststellen wollen. Andernfalls würde man ein für den Ventilator zu ungünstiges Bild erhalten.

Die Kurven *II* und *III* betreffen Ventilatoren, bei denen der günstigste mechanische Wirkungsgrad bei etwa 3 bezw. 5 qm gleichwertiger Öffnung liegt. Kurve *I* wird von einem kleinen, Kurve *II* von einem mittleren und Kurve *III* von einem großen Ventilator erhalten werden können.

134. — Durchgangsöffnung. Der Grund dafür, daß ein großer Ventilator für große Grubenweiten und ein kleiner für enge Gruben geeignet ist, liegt in der Verschiedenheit der sog. „Durchgangsöffnung“.

Die Bewegung der Luft durch den Ventilator erfolgt selbstverständlich nicht reibungsfrei, sondern der Ventilator setzt genau wie die Grube selbst dem Durchgange der Luft einen bestimmten Widerstand entgegen. Um diesen zu überwinden, muß ein gewisser Druckunterschied aufgewandt werden. Die Bewegung der Luft durch den Ventilator bedeutet also Druckverlust und kostet daher ein gewisses Spannungsgefälle.

Dieses Gefälle kann nur vom Ventilator erzeugt werden, so daß ein Teil der Arbeit des Ventilators für die Bewegung der Luft in ihm selbst aufgebraucht wird. Der Ventilator erzeugt mithin eine höhere Depression oder Saugwirkung, als wir sie im Saugkanal feststellen.

Wir können den Durchgang der Luft durch den Ventilator ebenfalls mit dem Durchgange durch eine Öffnung in einer dünnen Wand vergleichen, durch eine Öffnung also, die bei gleichem Druckunterschiede auf beiden Seiten dieselbe Luftmenge wie der Ventilator durchziehen läßt. Eine solche Öffnung nennen wir Durchgangsöffnung.

Wenn diese ebenso groß wie die Grubenweite wäre, so würde die Bewegung der Luft durch den Ventilator die gleiche Kraft erfordern wie die Bewegung der Wetter durch die Grube. Es ist klar, daß ein solches

Verhältnis ungünstig und unwirtschaftlich sein würde, weil der Wirkungsgrad des Ventilators für sich allein noch unter 50 % bleiben müßte. Die Durchgangsöffnung wird zweckmäßig also größer sein. Ist sie doppelt so groß als die Grubenweite, so würde der Kraftbedarf zur Bewegung der Luft durch den Ventilator nur noch $^1/_4$ des Kraftbedarfs der Grubenbewetterung sein, weil infolge Verringerung der Luftgeschwindigkeit auf die Hälfte der Widerstand des Ventilators auf $^1/_4$ zurückgeht. Von der an den Ventilator abgegebenen Arbeit könnten $^4/_5$ der Grubenbewetterung zugute kommen, während $^1/_5$ in dem Ventilator stecken bliebe. Bei dreifach größerer Durchgangsöffnung würde nur noch $^1/_9$ der Bewetterungsnutzarbeit für die Bewegung der Luft durch den Ventilator aufzuwenden sein, so daß 90 % der Gesamtarbeit auf die Grubenbewetterung entfallen könnten.

Tatsächlich pflegt die Durchgangsöffnung etwa 3 mal so groß als die Grubenweite zu sein. Noch größere Ventilatoren zu bauen, ist unwirtschaftlich, weil diese dann verhältnismäßig zu schwer werden.

Bei Vorhandensein eines natürlichen Wetterzuges ist es häufig leicht, die Durchgangsöffnung o des Ventilators zu bestimmen. Man setzt den Ventilator still und mißt die sich alsdann einstellende Pressung h im Wetterkanal und die durch den Ventilator abziehende Wettermenge V. Im übrigen benutzt man die Formel für die Grubenweite und erhält für die Durchgangsöffnung folgenden Wert:

$$o = 0{,}38 \cdot \frac{V}{\sqrt{h}}.$$

Die Ventilatorfabriken pflegen ihre Ventilatoren so zu bauen, daß die Luftgeschwindigkeit an der engsten Stelle des Rades (d. i. in der Saugöffnung) bei der verlangten Wettermenge ein gewisses Maß von etwa 15—20 m nicht überschreitet. Alsdann besitzt der Ventilator erfahrungsgemäß eine angemessene Durchgangsöffnung.

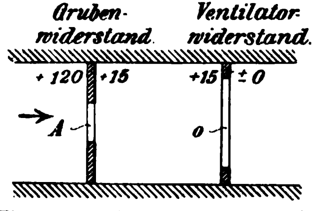


Fig. 492. Veranschaulichung der Wirkung von Grubenweite und Durchgangsöffnung.

Ein klares Bild von den in Frage kommenden Verhältnissen gibt Fig. 492. Die Wetter streichen zunächst durch eine die Grubenweite darstellende Öffnung (A) in einer dünnen Wand und erleiden dabei einen gewissen Spannungsabfall von z. B. 105 mm, um sodann eine zweite Wandöffnung (o), welche die Durchgangsöffnung bedeutet, unter einem weiteren Spannungsverluste von beispielsweise 15 mm zu durchziehen.

135. — Theoretische Depression und manometrischer Wirkungsgrad. Die theoretisch von einem Ventilator erzeugte Depression (h_t) ergibt sich nach der aus der Mechanik bekannten Formel:

$$h_t = \frac{u^2 \cdot \gamma}{g},$$

worin u die Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators, γ das Gewicht von 1 cbm Luft in Kilogramm und g die Fallbeschleunigung ist. Wenn man

als Gewicht der ausströmenden Grubenluft 1,2 annimmt und $g = 9{,}8$ setzt, so ist:

$$h_t = 0{,}13\ u^2.$$

Die Formel gilt, streng genommen, nur für radiale Stellung der Schaufeln. Bei Vorwärtslehnung der Flügel ist die theoretische Depression größer und bei Rückwärtslehnung kleiner. Doch pflegt man in der Praxis von der genaueren Rechnung keinen Gebrauch zu machen.

Die Depression hängt also nicht etwa von dem Durchmesser des Ventilators, sondern lediglich von der Umfangsgeschwindigkeit ab. Kleine und große Ventilatoren können bei gleichen Umfangsgeschwindigkeiten die gleichen Depressionen erzeugen. Bei Steigerung der Umfangsgeschwindigkeit wächst die Depression sehr schnell, da h_t nach der Formel proportional dem Quadrate von u zunimmt.

Ihre Grenze finden die Umfangsgeschwindigkeit und damit die Depression in der Festigkeit des für den Ventilator gebrauchten Materials. Bei allzuhohen Geschwindigkeiten entsteht die Gefahr, daß das Rad auseinanderfliegt. Im allgemeinen sind bei Ventilatoren Umfangsgeschwindigkeiten von 30—40 m/sec gebräuchlich; neuerdings geht man auch bis 50, ja sogar bis 60 m/sec. Die theoretischen Depressionen sind hierbei:

117 mm bei 30 m Umfangsgeschwindigkeit.
208 „ „ 40 „ „
325 „ „ 50 „ „
468 „ „ 60 „ „

Die tatsächliche Depression, die ein Ventilator liefert, ist stets kleiner als die theoretische, weil die Luft als Körper sich nicht reibungsfrei bewegt und weil insbesondere am Umfange des Rades Wirbelbildungen unvermeidlich sind. Das Verhältnis der tatsächlichen Depression zur theoretischen nennen wir den manometrischen Wirkungsgrad. Man pflegt dieses Verhältnis ebenso wie den mechanischen Wirkungsgrad gewöhnlich in Prozenten auszudrücken.

136. — Zeichnerische Darstellung des manometrischen Wirkungsgrades. Die tatsächlich erreichbare Depression und der manometrische Wirkungsgrad hängen nicht allein von der Güte des Ventilators, sondern auch von der Grubenweite ab. Denn da der Ventilator nicht unbegrenzt viel Luft hindurchläßt, müssen tatsächliche Depression und manometrischer Wirkungsgrad mit wachsender Grubenweite geringer werden. Saugt der Ventilator aus freier Atmosphäre, so erzeugt er überhaupt keine Depression mehr, und der manometrische Wirkungsgrad ist gleich 0. Je mehr man dagegen den Saugkanal verschließt, um so mehr wird der manometrische Wirkungsgrad steigen. Merkwürdigerweise ist aber der manometrische Wirkungs-

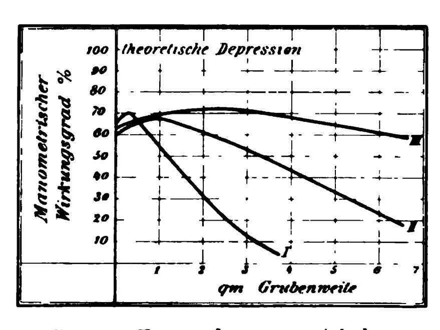


Fig. 493. Kurven des manometrischen Wirkungsgrades.

grad nicht bei völlig geschlossenem Saugkanal, sondern dann am größten, wenn bei einer geringen Öffnung des Schiebers ein wenig Luft durch den Ventilator gehen kann. Es liegt dies anscheinend daran, daß die Wirbelbildungen am Umfange des Rades größer sind, wenn gar keine, als wenn etwas Luft durch den Ventilator zieht. Fig. 493 veranschaulicht die Kurven der manometrischen Wirkungsgrade dreier verschiedener Ventilatoren. Kurve *I* zeigt den günstigsten manometrischen Wirkungsgrad von 70 $^0/_0$ schon bei etwa $^1/_4$ qm Grubenweite, um sodann sehr schnell abzufallen. Es handelt sich um einen kleinen Ventilator. Kurve *II* besitzt ihren Scheitelpunkt (etwa 68 $^0/_0$) bei 1 qm Grubenweite, während der manometrische Wirkungsgrad des Ventilators bei 3 qm immerhin noch 53 $^0/_0$ beträgt. Bei größeren Ventilatoren (Kurve *III*) wird beispielsweise der günstigste Wirkungsgrad bei 2,5 qm erreicht und beträgt auch bei 5 qm Grubenweite noch 65 $^0/_0$.

Somit läßt sich sagen, daß der für eine gewisse Grubenweite festgestellte manometrische Wirkungsgrad ebenso, wie es beim mechanischen Wirkungsgrade war, kein Prüfstein für die Güte des Ventilators ist. Nur die Festlegung eines größeren Teiles der Kurve gibt ein Bild von der Leistungsfähigkeit des Ventilators in dieser Beziehung.

Die bei den jetzigen Ventilatoren erzielten manometrischen Wirkungsgrade steigen bis etwa 75 $^0/_0$.

137. — **Wettermenge und Grubenweite.** Nach dem, was über das Sinken des mechanischen und des manometrischen Wirkungsgrades bei einer über ein bestimmtes Maß hinaus zunehmenden Grubenweite gesagt ist, könnte es scheinen, daß unter Umständen die Vergrößerung der Grubenweite ungünstig auf die Bewetterungsverhältnisse der Grube wirkt. Man wolle sich aber zunächst der auf der S. 500 ff. (Ziffer 97 und 98) gegebenen Darlegungen erinnern, wonach jede Vergrößerung der Grubenweite bei gleichbleibender Wettermenge ein sehr schnelles Sinken des Kraftbedarfs der Bewetterung im Gefolge hat. Vergrößern wir z. B. die Grubenweite auf das Doppelte, ohne die Wettermenge zu steigern, so würde der Kraftbedarf auf nur $^1/_8$ des ursprünglichen sinken. Gegenüber der so ersparten Kraft ist es ohne Bedeutung, ob der Ventilator für die noch verbleibende, geringe Leistung einen ungünstigeren Wirkungsgrad besitzt.

Auch wird der durch jede Vergrößerung der Grubenweite erzielte Nutzen klar, wenn man sich die Beziehungen, die zwischen der Grubenweite und der vom Ventilator bei einer gleichbleibenden Umdrehungszahl gelieferten Wettermenge bestehen, veranschaulicht (Fig. 494). Die Kurve (in der Figur sind deren 3 gezeichnet) für die gelieferten Wettermengen beginnt beim Nullpunkte. Denn bei völlig abgesperrter Grube muß die geförderte Wettermenge gleich 0 sein. Öffnet man allmählich den Schieber, so wird sich die Kurve zuerst rasch erheben. Bald aber muß die Steigung der Linie geringer werden, weil der Widerstand des Ventilators selbst gegenüber dem Luftstrome hemmend wirkt.

Schließlich wird die Kurve in eine horizontale Gerade auslaufen, deren Abstand von der Abszissenachse durch die Größe der Durchgangs-

öffnung gegeben ist. Es ist dies dasjenige Wettervolumen, das der Ventilator liefert, wenn er die Luft aus der freien Atmosphäre ansaugt.

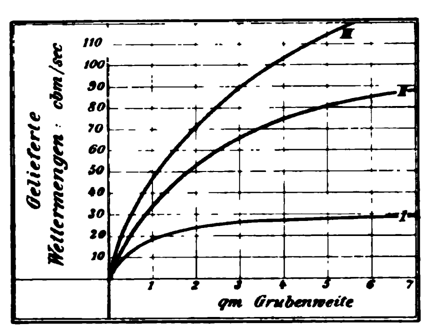


Fig. 494. Kurven der gelieferten Wettermengen bei gleichbleibender Umdrehungszahl des Ventilators und verschiedenen Grubenweiten.

Wir sehen also, daß der Vergrößerung der Grubenweite bei gleichbleibender Umdrehungszahl des Ventilators eine Erhöhung der gelieferten Wettermenge so lange entspricht, als der Ventilator noch eine Depression im Saugkanale zu erzeugen imstande ist, also noch nicht aus der freien Atmosphäre saugt. Die Bewetterung einer Grube wird somit auch bei bereits sinkendem, mechanischem Wirkungsgrade von der Vergrößerung der Grubenweite Nutzen haben.

Die Kurve *I* in Fig. 494 entspricht einem kleinen, Kurve *II* einem mittleren und Kurve *III* einem großen Ventilator. Je kleiner der Ventilator ist, um so früher nähert sich die Kurve ihrem horizontalen Teile.

138. — Verdünnende und fortbewegende Kraft des Ventilators. Die Kurve des manometrischen Wirkungsgrades (Fig. 493) gibt uns für einen bestimmten Ventilator die bei den verschiedenen Grubenweiten erzeugte Depression, also seine verdünnende Kraft an, während die Kurve der Wettermengen (Fig. 494) die die Luft fortbewegende Kraft zur Darstellung bringt. Beide Kurven zusammen geben über die Leistungsfähigkeit des Ventilators Aufschluß.

Ein Ventilator mit kleiner Durchgangsöffnung und geringer fortbewegender Kraft kann bei entsprechend kleinen Grubenweiten sehr hohe Depressionen oder Kompressionen erzeugen. Bei größeren Grubenweiten versagt aber seine fortbewegende Kraft, so daß er in diesem Falle an gelieferter Wettermenge weit hinter anderen Ventilatoren mit größerer Durchgangsöffnung zurückstehen kann.

139. — Umdrehungszahl des Ventilators und Wettermenge. Da die vom Ventilator erzeugte Depression proportional sowohl dem Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit ($h = 0{,}13\, u^2$) als auch dem Quadrate der Wettergeschwindigkeit oder der Wettermenge ($h = k\,.\,v^2$ und $h = k_1\,.\,V^2$) ist, so stehen Umfangsgeschwindigkeit des Ventilators und Wettermenge unter sich in einem konstanten, und zwar einfachen Verhältnis. Das bedeutet, daß jede Ventilatorumdrehung bei gleichbleibender Grubenweite eine ganz bestimmte Wettermenge liefert. Im selben Maße also, wie der Ventilator schneller oder langsamer läuft, steigt oder fällt sowohl die Wettergeschwindigkeit wie die Wettermenge.

Praktisch kommt man freilich insofern bald an eine Grenze, als mit der Steigerung der Tourenzahl der Widerstand mit dem Quadrate und der Kraftbedarf mit dem Kubus wächst.

Das Zusammenarbeiten zweier Schleuderräder.

140. — Nebeneinanderschaltung zweier Ventilatoren. Man kann zwei Ventilatoren nebeneinander — in Parallelschaltung — arbeiten lassen, wobei also beide aus einem und demselben ausziehenden Schachte saugen. Die sich ergebenden Verhältnisse mögen aus der folgenden Überlegung klar werden.

Es sei zunächst angenommen, der Ventilator v_1 (Fig. 495) arbeite allein und der völlig gleiche Ventilator v_2 stehe still, ohne daß der zugehörige Kanal k_2 abgesperrt sei. Dann wird infolge der von v_1 erzeugten Depression Luft nicht nur aus dem Schachte, sondern auch durch v_2 über k_2 nach v_1 ziehen. Dieses Verhältnis wird sogar noch bestehen bleiben, wenn Ventilator v_2 bereits langsam zu arbeiten begonnen hat. Erst wenn Ventilator v_2 so schnell läuft, daß die von ihm erzeugte Depression in ihrer rechnungsmäßigen Höhe der im Saugkanal k_1 tatsächlich herrschenden Depression gleichkommt, wird die Rückwärtsströmung der Luft aufhören. Der Ventilator beginnt Luft auszuwerfen. Wenn nun v_2 noch schneller läuft, so daß schließlich seine Umfangsgeschwindigkeit derjenigen von v_1 gleichkommt, liefern beide Ventilatoren die gleichen Luftmengen. Hierbei wird aber die gesamte aus der Grube gesaugte Wettermenge etwa dieselbe sein, als wenn ein einziger Ventilator an die Grube angeschlossen wäre und mit der fraglichen Geschwindigkeit liefe. Denn die theoretische Depression, die ja vom Quadrate der Umfangsgeschwindigkeit abhängt, wird nicht dadurch erhöht, daß 2 Ventilatoren laufen; sie bleibt vielmehr unverändert. Die Bewetterungsarbeit verteilt sich zur Hälfte auf die beiden Ventilatoren, von denen jeder die volle Depression und die halbe Wettermenge liefert. Für die Grube wäre damit nichts gewonnen.

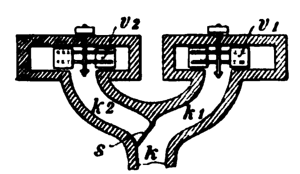


Fig. 495. Zwei Ventilatoren in Aufstellung nebeneinander.

Allerdings ist ein Unterschied eingetreten. Die Durchgangsöffnung ist infolge des Vorhandenseins zweier Ventilatoren verdoppelt. Die Überwindung des Ventilatorwiderstandes ist erleichtert, so daß ein etwas größerer Teil der Ventilatorarbeit der Grubenbewetterung zugute kommt. Von Bedeutung wird dies nur in dem Falle sein, daß die Durchgangsöffnung eines Ventilators allein im Verhältnis zur Grubenweite zu klein war und nicht mehr ausreichte. In solchem Falle kann die Parallelschaltung von Ventilatoren gerechtfertigt sein.

Es bleibt auch die Möglichkeit, unter Überschreitung der ursprünglichen Tourenzahl einem jeden der beiden Ventilatoren die gleiche Kraft zuzuführen, die vordem v_1 allein für die Bewetterung der Grube zugeführt erhalten hat. Dann würde die erzeugte Depression und die gelieferte Wettermenge infolge der gesteigerten Tourenzahl wachsen. Insbesondere würden die Wettermengen im Verhältnis von $\sqrt[3]{1} : \sqrt[3]{2}$ oder $1:1{,}26$ steigen. In der Regel wird dies nicht der geeignete Weg für die Verbesserung der Wetterführung sein.

141. — Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube. Auf vielen Gruben findet man zwei oder mehrere in

Betrieb befindliche Ventilatoren, die aber nicht aus einem und demselben Saugkanal arbeiten, sondern auf verschiedenen Wetterschächten eines einheitlichen Grubengebäudes stehen. Für die Ventilatoren ist dann ein Teil der unterirdischen Wetterwege gemeinsam, und es ergeben sich dabei ähnliche Verhältnisse, wie sie eben besprochen wurden. Steht der eine Ventilator v_2 (Fig. 496) still, ohne daß sein Saugkanal verschlossen ist, so wird der im Betrieb befindliche andere Ventilator v_1 Luft sowohl vom einziehenden Schachte *III* als auch vom Schachte *II* her ansaugen. Die äquivalente Grubenöffnung, die sich für ihn herausstellt, ist die unter diesen Bedingungen denkbar größte. Sobald Ventilator v_2 in Gang kommt, wird der Durchzug der Wetter in die Grube behindert. Die von v_1 gelieferte Wettermenge sinkt, und die Grubenweite nimmt für v_1 ab. Bei noch schnellerem Gange beginnt auch v_2, wie in Ziff. 140 ausgeführt ist, auszuziehen, so daß jetzt Schacht *III* zum einziehenden Schachte für beide Ventilatoren wird. Für den Ventilator v_1 sind Wettermenge und Grubenweite ständig gesunken. Würde nun Ventilator v_2 noch schneller laufen, so daß die von ihm erzeugte Depression zu überwiegen beginnt, so würden schließlich die Wetter durch v_1 in die Grube ziehen können.

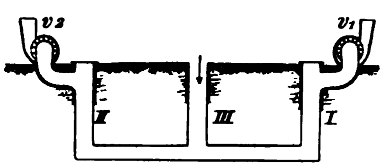


Fig. 496. Zwei Ventilatoren auf verschiedenen Wetterschächten derselben Grube.

Man sieht also, daß man in solchem Falle von einer bestimmten Grubenweite überhaupt nicht sprechen kann.

Nach Vorstehendem muß, wenn mehrere sich gegenseitig beeinflussende Ventilatoren vorhanden sind, das Verhältnis der Tourenzahlen dauernd überwacht werden. Läuft einer der Ventilatoren zu langsam, so stockt vielleicht die Wetterführung in dem von ihm beherrschten Teile des Grubengebäudes oder schlägt gar um.

142. — **Hintereinander geschaltete Ventilatoren.** Statt zwei Ventilatoren nebeneinander zu schalten, kann man sie so anordnen, daß die von dem ersten Ventilator ausgeworfene Luft von dem zweiten angesaugt und sodann endgültig ausgeworfen wird. Man nennt eine solche Anordnung Hintereinanderschaltung. Da die von jedem einzelnen Ventilator erzeugte Depression von dem Quadrate seiner Umfangsgeschwindigkeit abhängt, so wird die gesamte auf die Grube wirkende Depression die Summe der beiden Einzeldepressionen sein. Bei zwei hintereinandergeschalteten Ventilatoren von gleicher Größe und Art, die beide mit gleicher Geschwindigkeit laufen, wird also die Gesamtdepression verdoppelt.

Wenn man so einen zweiten Ventilator an den ersten schaltet, macht man die Erfahrung, daß die Antriebsmaschine jedes einzelnen Ventilators mehr Kraft verbraucht als ursprünglich die erste Antriebsmaschine allein. Infolge der doppelten Depression strömt nämlich aus der Grube mehr Luft als früher nach. Die Wettermengen verhalten sich wie die Wurzeln aus den Depressionen, hier also wie $\sqrt{1}:\sqrt{2}$ oder wie rund 1 : 1,4. Daraus folgt, daß jeder Ventilator die 1,4 fache Arbeit derjenigen zu

leisten hat, die ursprünglich der erste Ventilator verrichtete. Der Gesamtkraftbedarf ist somit das 2,8fache des anfänglichen.

Würde man nach Aufstellung des zweiten Ventilators jeden einzelnen mit derjenigen Kraft laufen lassen, die ursprünglich der erste Ventilator allein verzehrte, so würde bei dieser nunmehr doppelten Kraftentwickelung die Wettermenge im Verhältnis von

$$\sqrt[3]{1} : \sqrt[3]{2} = 1 : 1{,}26$$

zunehmen. Die anfängliche Umdrehungszahl des ersten Ventilators wird dann aber nicht inne gehalten, und die Gesamtdepression ist nur das 1,59fache der ersten, da sie mit dem Quadrate der Wettermenge steigt.

Von Harzé ist vorgeschlagen, zwei Ventilatoren so aufzustellen, daß entweder jeder für sich allein an die Grube angeschlossen werden kann oder daß beide in Hintereinanderschaltung arbeiten können. Für gewöhnlich würde nur einer der beiden Ventilatoren arbeiten, und der andere in Reserve stehen. In Notfällen aber, wo es darauf ankommt, Depression und Wettermenge zu steigern, würde man durch Einfügen der erforderlichen Schieber und Klappen in die Kanäle beide Ventilatoren hintereinanderschalten und gleichzeitig laufen lassen.

Die Vorteile solcher Anordnung liegen offen zutage. Als Nachteil steht der verwickelte Bau der Kanäle entgegen.

3. Strahlgebläse.

143. — Einrichtung, Wirkung, Vor- und Nachteile. Die Strahlgebläse sind den für die Kesselspeisung gebrauchten Injektoren oder den Strahlpumpen ähnlich. Sie beruhen darauf, daß ein Flüssigkeits-, Dampf- oder Luftstrahl mit hohem Drucke aus einer Düse, die in oder vor einem weiteren Rohre angebracht ist, ausspritzt und die umgebende Luft in der Strahlrichtung mitreißt. Solche Gebläse können wie die Ventilatoren saugend oder blasend wirken, je nachdem die Luftleitung auf der Saug- oder der Druckseite angeschlossen ist.

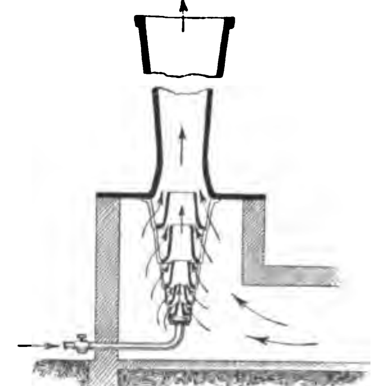


Fig. 497. Strahlgebläse.

Da rund um den austretenden Strahl leicht Wirbel entstehen, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, vor die eigentliche Strahldüse Leitdüsen einzubauen, welche Wirbelbildungen ausschließen und bewirken, daß die Luft annähernd gleichmäßig auf dem ganzen Querschnitte eine nach vorn gerichtete Bewegung erhält (Fig. 497). In der zweckmäßigen Ausgestaltung derartiger Strahlgebläse hat die Firma Gebr. Körting zu Körtingsdorf bei Hannover Bedeutendes geleistet.

Die erzielbaren Depressionen hängen von dem Drucke, mit dem der Betriebsstrahl austritt, und von dem Verhältnis des Düsenquerschnitts zum Querschnitte des Rohres, in dem die Luftbewegung vor sich gehen

soll, ab. Je höher der Betriebsdruck ist und je mehr der austretende Strahl das Rohr erfüllt, also je enger dieses ist, um so stärker ist die Saug- oder die Druckwirkung. Um große Wettermengen zu bewegen, soll aber wieder der Rohrquerschnitt weit sein, so daß es nicht leicht ist, beide Forderungen einer Grubenbewetterung (hohe Depression und große Wettermengen) zu erfüllen. Strahlgebläse werden deshalb für die Bewetterung ganzer Gruben nur selten gebraucht. Es kommt hinzu, daß der Wirkungsgrad gering ist. Auf dem Jakobschachte bei Mährisch-Ostrau hat man für ein Strahlgebläse die folgenden Zahlen ermittelt:

Depression	32 mm,
Luftmenge	13 cbm/sec,
Dampfverbrauch	817 kg stündlich.

Bei diesem Dampfverbrauch würde man in einer guten Dampfmaschine aber etwa 90—100 PS. leisten können, während die tatsächliche Nutzleistung nach den vorstehenden Zahlen nur $\frac{32 . 13}{75} \sim 5{,}5$ PS. betrug. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage erscheint somit sehr gering.

Auf der anderen Seite hat das Strahlgebläse mannigfache Vorteile. Es sind dies: Einfachheit, Billigkeit, bequeme Aufstellung, leichte Inbetriebsetzung und Wartung, geringer Raumbedarf und Betriebssicherheit. Diese Vorteile haben bewirkt, daß Strahlgebläse in vereinfachter Form vielfach bei der Sonderbewetterung Verwendung finden, worüber in dem diese betreffenden Abschnitte Näheres folgt.

c) Zusammenwirken der natürlichen und künstlichen Wetterführung.

144. — Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges. Nur in seltenen Ausnahmefällen wird auf einer Grube ein natürlicher Wetterzug überhaupt nicht vorhanden sein. Die Regel ist vielmehr, daß auch bei Vorhandensein einer künstlichen Bewetterung ein natürlicher Wetterzug besteht, dessen Wirkung allerdings durch den künstlichen Wetterzug mehr oder weniger verschleiert wird, der sich aber bemerkbar macht, wenn der Ventilator zum Stillstand kommt.

Stets ist erwünscht, daß der natürliche und der künstliche Wetterstrom eine und dieselbe Richtung besitzen. Ist das der Fall, so schlägt bei Ventilatorstillständen der Wetterzug nicht um, sondern die Bewetterung der Grube geht — wenn auch in geringerem Grade — auf den alten Bahnen und in derselben Richtung weiter. Auch wirtschaftlich bringt die übereinstimmende Richtung des natürlichen und künstlichen Wetterzuges Nutzen, da hierdurch die Arbeit des Ventilators erleichtert und Kraft gespart wird.

Die Ausnutzung des natürlichen Wetterzuges erfolgt in der Regel am sichersten, wenn man die sog. aufsteigende Wetterführung anwendet, bei der nach Fig. 498 die Wetter auf dem kürzesten Wege in das Grubentiefste geführt werden, um sodann vor den Bauen aufsteigend nach dem ausziehenden Schachte zu ziehen. Bei dieser Anordnung hat der einfallende Strom einen kurzen Weg und bleibt deshalb frisch, kühl und schwer,

während die auf die einzelnen Baue sich verteilenden Ströme auf ihren langen, verzweigten Wegen sich allmählich erwärmen und leichter werden, so daß ihr Bestreben, aufzusteigen, der Ventilatorwirkung zu Hilfe kommt.

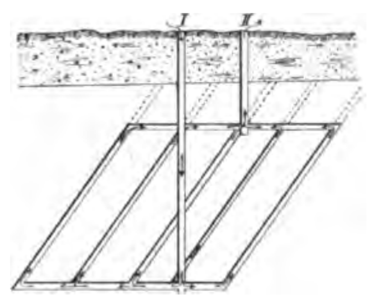


Fig. 498. Schema der aufsteigenden Wetterführung.

Die abfallende Wetterführung, bei der die Baue und einzelnen Betriebspunkte in der Richtung von oben nach unten vom Wetterstrome bestrichen werden, läßt sich zwar nicht in allen Fällen und für alle einzelnen Teile des Wetterstromes vermeiden; sie birgt aber, abgesehen von den zu befürchtenden Stockungen, für Schlagwettergruben noch die Gefahr, daß die an der Firste sich etwa ansammelnden Schlagwetter vom Wetterstrome nicht mitgenommen werden, weil sie das Bestreben haben, dem Ansteigen der Strecke zu folgen.

145. — Wetterumstellvorrichtung. Auf tiefen Gruben pflegt der natürliche Wetterzug seine einmal angenommene Richtung während des ganzen Jahres beizubehalten (vergl. S. 501ff.).

Um auch auf flachen Gruben, deren natürlicher Wetterzug im Sommer und Winter eine verschiedene Richtung hat, die Vorteile des natürlichen Wetterzuges auszunutzen, kann man Ventilatoren mit Umkehrvorrichtung anwenden. Je nach der Richtung des natürlichen Wetterstromes läßt man alsdann den Ventilator in der einen Hälfte des Jahres blasend und in der anderen Hälfte saugend arbeiten. Fig. 499 zeigt schematisch eine solche Umstellvorrichtung. Nach Fig. 499 *a* saugt der Ventilator *V* aus der Atmosphäre und befördert die Luft nach Fig. 499 *b* in die Grube, so daß er also blasend wirkt. Werden dagegen die im Saugkanal und im Auslaufraum vorhandenen Klappen *c* und *d* in die punktierte Lage gebracht, so saugt der Ventilator die Luft aus der Grube und bläst sie ins Freie.

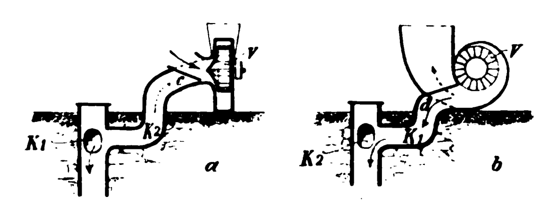


Fig. 499. Ventilator mit Umstellvorrichtung.

Statt der doppelten Anordnung der Kanäle (k_1 und k_2 in der Fig. 499) kann man den Ventilator auch durch einen doppelten Saugkanal mit beiden Schächten in Verbindung bringen, so daß er je nach der Stellung der Schieber entweder aus dem einen oder anderen Schachte saugt. Hierbei muß der jeweilig ausziehende Schacht einen Schachtverschluß erhalten.

Wetterumkehrvorrichtungen sind auch für Gruben von Nutzen, die viel unter Brandgefahr leiden. Bei Schacht- und größeren Grubenbränden kann von der Möglichkeit der Wetterumkehr sogar die Rettung der Belegschaft abhängen.

Die Wetterumstellung ist schließlich unter Umständen ein Mittel gegen das Einfrieren der einziehenden Schächte. Das Loshacken des Eises ist eine lästige, gefährliche und zeitraubende Arbeit, die außerdem oft Schädigungen des Schachtausbaues und -Einbaues zur Folge hat. Wo das Umkehren der Wetterführung mit den sonstigen Grubenverhältnissen sich verträgt, können die Schächte durch öfteres Umstellen leicht eisfrei gehalten werden.

146. — Rechnerische Betrachtung des natürlichen Wetterzuges. Die Beziehungen, die zwischen der Wettermenge und der Wurzel aus der Depression bestehen (Temperament der Grube), erscheinen durch die Wirkung des natürlichen Wetterzuges zum Teil verändert. Auch die für die gleichwertige Grubenöffnung und für den Kraftbedarf der Wetterführung ermittelten Größen bedürfen beim Vorhandensein eines natürlichen Wetterzuges einer Berichtigung.

Macht man an einer Ventilatoranlage Versuche zwecks Feststellung des Temperaments der Grube, so findet man, daß beim Vorhandensein eines natürlichen Wetterzuges das Verhältnis zwischen Wettermenge und Wurzel aus der abgelesenen Depression nicht mehr konstant zu sein scheint. Ist insbesondere der natürliche Wetterzug dem Ventilatorstrome gleichgerichtet, so liefert auch bei Stillstand des Ventilators, also bei 0 mm abgelesener Depression die Grube noch eine gewisse Wettermenge. Trägt man das durch verschiedene Versuche festgestellte Verhältnis auf ein Koordinatennetz auf, so kann man z. B. das Bild der Geraden *IV* in Fig. 462 auf S. 498 erhalten. Die Grube liefert danach bei 0 mm abgelesener Depression noch 20 cbm Wetter in der Sekunde.

Ist der natürliche Wetterzug dem Ventilatorstrome entgegengerichtet, so wird bei Stillstand des Ventilators und 0 mm abgelesener Depression in die Grube Luft einziehen. Ein derartiger Fall ist durch die Gerade *III* der Fig. 462 zur Darstellung gebracht. Die ausziehende Wettermenge ist bereits bei 9 mm abgelesener Depression auf 0 gesunken, und der Wetterzug nimmt bei weniger als 9 mm Depression die entgegengesetzte Richtung an.

Aus der Figur folgt auch die Erklärung. Auf die Bewetterung wirkt nicht allein die Ventilatordepression h, sondern auch die natürliche Depression h_n ein, so daß eine Gesamtdepression h_g zur Wirkung kommt, die sich aus der Summe von h und h_n zusammensetzt:

$$h_g = h + h_n.$$

h_n ist bei gleicher Richtung des natürlichen und des künstlichen Wetterzuges positiv und bei entgegengesetzter Richtung negativ. Bei Gruben ohne natürlichen Wetterzug ist $h_n = 0$, also $h_g = h$.

Da h_n lediglich als Summand auftritt, so folgt aus der Betrachtung der Fig. 462, daß der Einfluß des natürlichen Wetterzuges sich nur als Parallelverschiebung der das Verhältnis der Wettermenge zur Wurzel aus der Depression veranschaulichenden Geraden bemerkbar macht, daß dagegen der Neigungswinkel dieser Geraden zur Horizontalen unverändert bleibt.

Weil nun die Gerade keine Drehung erfährt, ist es auch für die Größe der gleichwertigen Grubenöffnung gleichgültig, ob ein natürlicher

Wetterzug besteht oder nicht. Die Grubenweite an sich bleibt dieselbe. Um sie aber richtig zu ermitteln, muß man in die Formel $A = 0{,}38 \frac{V}{\sqrt{h}}$ statt h die Gesamtdepression h_g einsetzen. Andernfalls würde man für wechselnde Umdrehungszahlen des Ventilators verschiedene Werte für die Grubenweite erhalten, die bei Vorhandensein eines positiven natürlichen Wetterzuges zu groß und eines negativen natürlichen Wetterzuges zu klein wären.

Auch in der Formel des Kraftbedarfs der Wetterführung $\left(N = \frac{V.h}{75}\right)$ ist für h die Gesamtdepression h_g zu setzen, falls man die gesamte Nutzarbeit der Wetterführung berechnen will. Will man aber, wie es die Regel sein wird, nur die Nutzleistung des Ventilators kennen lernen, so genügt die Einsetzung der abgelesenen Depression h in die Formel.

V. Führung und Verteilung der Wetter in der Grube.

A. Die Anordnung der Wetterführung im allgemeinen und die angewandten Hilfsmittel.

147. — Aufstellung des Ventilators[1]) unter oder über Tage. Wenn der Ventilator nach Fig. 443 auf S. 483 unter Tage aufgestellt wird, so bleiben der einziehende und der ausziehende Schacht unverschlossen, und beide Schächte können ohne weitere Vorkehrungen sowohl für die Förderung als auch für sonstige Betriebszwecke benutzt werden. Bei Aufstellung des Ventilators über Tage dagegen, die z. B. in den Figuren 500 *a* und *b* dargestellt ist, muß der Schacht mit einem Verschlusse versehen werden. Hierdurch wird aber seine Zugänglichkeit behindert, auch sind bei Förderschächten nicht unerhebliche Wetterverluste die Folge.

Trotzdem wird in den meisten Fällen die Aufstellung des Ventilators über Tage vorgezogen. Wartung, Unterhaltung und Überwachung der Ventilatoranlage sind über Tage besser, weil hier helleres Licht, bessere Luft, leichtere Möglichkeit, Reinigungs- und Ausbesserungsmaterialien herbeizuschaffen, und dauernde Aufsicht vorhanden sind. Außerdem ist die Betriebskraft billiger, weil die Notwendigkeit der Kraftübertragung bis in die Grube fortfällt. Schließlich kommt in Betracht, daß bei Aufstellung über Tage sowohl der Ventilator als auch die Bedienungsmannschaft besser vor den Wirkungen etwaiger Explosionen und Grubenbrände geschützt sind. Die Betriebssicherheit ist also größer.

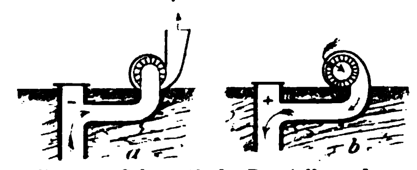


Fig. 500. Schematische Darstellung des saugend und blasend angeordneten Ventilators.

148. — Wahl der saugenden oder blasenden Bewetterung. Der Ventilator kann bei Aufstellung über Tage sowohl mit saugender als auch

[1]) Unter „Ventilator" soll im folgenden stets ein Zentrifugalventilator verstanden werden.

mit blasender Wirkung an die Grube angeschlossen, d. h. über dem ausziehenden oder über dem einziehenden Schachte aufgestellt werden. Im ersteren Falle erhält der ausziehende Schacht einen Verschluß und steht nur durch den Wetterkanal und den Ventilator mit der Atmosphäre in Verbindung (Fig. 500*a*). Im ganzen Grubengebäude herrscht gegenüber der äußeren Atmosphäre Unterdruck (Depression). Bei der blasenden Bewetterung dagegen ist der einziehende Schacht verschlossen, und der Ventilator drückt in ihn die Luft hinein (Fig. 500*b*). In der Grube herrscht Überdruck (Kompression), so daß die Wetter durch den offenen ausziehenden Schacht entweichen.

Rein mechanisch genommen ist es vorteilhafter, blasende Bewetterung statt der saugenden anzuwenden. Denn da der Kraftbedarf der Wetterführung

$$N = \frac{V \cdot h}{75}$$

ist und in der Grube die Wettermenge V meistens eine beträchtliche Volumenvermehrung durch Erwärmung oder durch Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes oder sonstige Gründe erfährt, so wächst auch der Kraftbedarf bei saugender Bewetterung entsprechend der Volumenvermehrung. Wenn diese bei tiefen Gruben durchschnittlich 10 % beträgt, so müssen wir eine ebensoviel größere Arbeit verrichten.

Was die Schlagwettergefahr angeht, so sind nach den auf S. 458 ff. gemachten Ausführungen hauptsächlich plötzliche Luftdruckverminderungen zu fürchten, während ein dauernd gleichmäßiger Druck, gleichgültig, ob er etwas unter, wie bei der saugenden, oder etwas über dem Atmosphärendrucke, wie bei der blasenden Bewetterung, steht, für die Wetterverschlechterung durch Grubengas ohne Bedeutung ist. Kommt der Ventilator zufällig, vielleicht durch eine Schlagwetterexplosion oder aus sonstigen Gründen, zum Stillstande, so wird bei blasender Bewetterung der Luftdruck in der Grube plötzlich um den Betrag der Kompression zurückgehen, während er bei saugender Bewetterung um die Höhe der Depression steigen wird. In solchen Fällen wird also bei dem blasenden Ventilator eine Vermehrung, bei dem saugenden eine Verminderung des Grubengasgehaltes der Grubenwetter die Folge sein. Umgekehrt liegt das Verhältnis, wenn man in Notfällen die Bewetterung der Grube durch höhere Umdrehungszahl des Ventilators verstärken will. Alsdann findet bei blasender Bewetterung eine Erhöhung des Luftdrucks in der Grube, also ein zeitweises Zurückdrängen der Schlagwetter in den alten Mann statt, während ein saugender Ventilator den Unterdruck vermehrt und die Schlagwetter vorübergehend aus dem alten Mann zieht. Ein entsprechendes Ergebnis stellt sich bei dem Ingangsetzen des Ventilators heraus, je nachdem dieser blasend oder saugend arbeitet.

Im allgemeinen kann man also sagen, daß bei einem saugenden Ventilator jede Erhöhung der Umdrehungszahl und bei einem blasenden jede Verminderung die Schlagwettergefahr zeitweilig vermehrt, während die Gefahr vermindert wird, wenn der saugende Ventilator langsamer und der blasende schneller läuft.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Frage der Bewetterungsart für Gruben, die durch Tagebrüche, Risse und Spalten unmittelbar oder auf dem Umwege über den alten Mann mit der Erdoberfläche in mehr oder weniger dauernder, wenn auch wechselnder Verbindung stehen. Haben wir in solchem Falle blasende Ventilation, so wird ein Teil der Wetter nicht durch den ausziehenden Schacht, sondern durch die genannten Verbindungen ins Freie entweichen. Das hat zur Folge, daß bis zu einem gewissen Grade auch der alte Mann mit bewettert wird und daß die darin stehenden Gase, z. B. Kohlensäure, Grubengas, Stickstoff oder auch Brandgase, vielfach auf dem kürzesten Wege ins Freie gedrückt werden. Sie können so für die übrigen Grubenbaue fernerhin keine Gefahr mehr bilden.

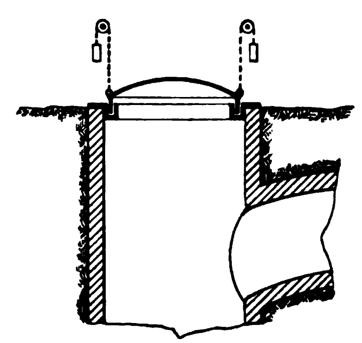
Anders liegen die Verhältnisse bei der saugenden Bewetterung. Hier ziehen alle bis zur Tagesoberfläche reichenden Risse und Spalten auf Wegen, die im einzelnen nicht zu verfolgen und nicht zu überwachen sind, ein. Soweit sich die Verbindungswege über dem alten Mann befinden — und dies wird meistens die Regel sein — werden die hier vorhandenen schlechten Gase in die Grubenbaue gezogen. Es ist dies um so bedenklicher, als das Austreten solcher Gase von Zufälligkeiten abhängt und unberechenbar ist.

Die saugende Bewetterung stößt manchmal auf Schwierigkeiten, wenn die Lagerstätte nahe unter Tage sich befindet, so daß eine größere Zahl verschiedener, künstlich geschaffener Tagesausgänge vorhanden ist. Es können dies Schächte, Stollen, Tagesstrecken, Abbaue in der Nähe des Ausgehenden u. dergl. sein. Würde man hier saugende Bewetterung anwenden wollen, so würden die Wetter, da man nicht auf jeden der vielen Tagesausgänge einen Ventilator setzen kann, durch die genannten Verbindungen der Tagesoberfläche mit der Grube einfallen müssen, um nach dem ausziehenden Schachte zu gelangen. Für die Abbaue würde das vielfach die ungünstige, abfallende Wetterführung (siehe Ziff. 144) bedeuten. Auch würde im Winter die kalte Luft und im Sommer die heiße unmittelbar vor die Arbeitspunkte gelangen und der Belegschaft lästig fallen. Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, kann blasende Bewetterung am Platze sein, wobei man einen einzigen einziehenden Schacht haben kann und die verbrauchten Wetter durch die verschiedenen Tagesöffnungen entweichen läßt.

Im allgemeinen ist freilich trotz ihrer verschiedenen Nachteile die saugende Bewetterung häufiger. In der Hauptsache liegt dies daran, daß man des für den einziehenden Strom benutzten tiefsten Schachtes in der Regel auch für die Hauptförderung bedarf und daß es lästig ist, an dem Hauptförderschachte einen Schachtverschluß anzubringen. Man wählt lieber saugende Bewetterung, bei welcher der minder tiefe Schacht, der für die Förderung weniger benutzt zu werden pflegt, mit dem Verschlusse ausgerüstet wird.

149. — Schachtverschlüsse im allgemeinen. Wird der Ventilatorschacht nur für die Wetterführung benutzt, so daß er dauernd verschlossen gehalten werden kann, so wird er oben durch Mauerung abgewölbt oder durch eine eiserne Verschlußhaube geschlossen. Letztere wird gewöhnlich als Tauchglocke für Wasser- oder Öldichtung und abnehmbar

eingerichtet, so daß die Schachtmündung durch Anheben der Haube freigelegt werden kann (Fig. 501). Für den Fall einer Grubenexplosion dient die Haube gleichsam als Sicherheitsventil, das den Ventilator vor der Heftigkeit der Explosionswirkung schützt.


Fig. 501. Schachtverschlußhaube.

Soll der Schacht zwar nicht für die regelmäßige Förderung, wohl aber für Fahrung und für gelegentliches Einhängen von Materialien zugänglich bleiben, so wird er zweckmäßig durch eine wetterdichte Schachtkaue, die unmittelbar über der Rasenhängebank errichtet wird und mit unter Depression steht, verschlossen. Der Zugang zur Kaue erfolgt durch eine Schleuse mit mindestens 2, in der Regel 3 Türen, die bei Benutzung des Einganges nacheinander so geöffnet werden, daß stets mindestens eine Tür geschlossen bleibt.

Dient der Schacht für die regelmäßige Förderung, so benützt man als Verschluß Schachtdeckel, oder man bedient sich ebenfalls der Luftschleusen, die alsdann für den Durchgang des Fördergutes eingerichtet sein müssen.

150. — Schachtdeckelverschluß. Für den Verschluß mittels Schachtdeckels erhält jedes Fördertrumm wetterdichte, bis zur Höhe der Hängebank emporgeführte Wandungen. Hier legt sich auf die so geschaffene Mündung des Trumms ein loser, ebener Deckel, der das Schachtinnere gegen die Atmosphäre abschließt (Fig. 502). Der Deckel besitzt in der Mitte für den Durchgang des Förderseils ein Loch. Kommt der Förderkorb oben an. so wird der Deckel von einem oberhalb des Seileinbandes angebrachten Querstücke mit angehoben und hochgenommen, während der den Maßen des Trumms genau angepaßte Boden des Korbes nun den Verschluß besorgt. Damit bei etwaigem geringen Überheben des Korbes nicht sofort die Trummöffnung frei wird, können die Seitenflächen des Korbbodens nach unten kastenartig verlängert werden, so daß die scheinbare Dicke des Bodens wächst.

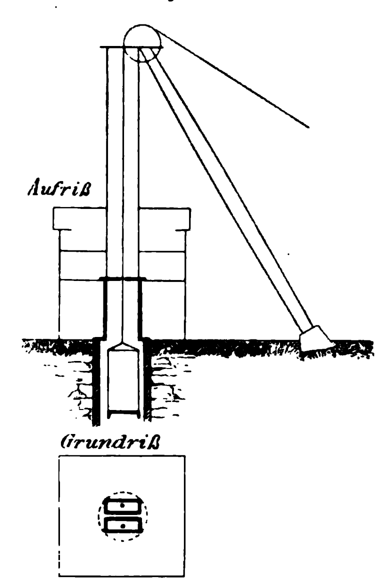


Fig. 502. Schachtdeckelverschluß.

Beim jedesmaligen Anheben des Schachtdeckels erhalten Förderkorb und Förderseil einen starken Stoß, weil nicht allein das Gewicht des Deckels plötzlich in Bewegung zu

setzen ist, sondern auch die auf dem Deckel lastende Depression überwunden werden muß. Ein Deckel für ein Fördertrumm von 3,65 : 1,1 m, also von etwa 4 qm, wiegt bereits rund 600 kg. Bei 150 mm Depression macht deren Druck auch 4 . 150 = 600 kg aus, so daß jedesmal beim Anheben des Deckels 1200 kg plötzlich in Bewegung zu setzen sind. Eine Milderung des Stoßes wird durch eine Unterteilung des Schachtdeckelverschlusses entsprechend der Fig. 503 ermöglicht. Man verschließt das wegen des Schlagens des Seiles ohnehin nicht zu klein zu bemessende Seilloch, das man aber jetzt reichlich groß wählen kann, durch einen darauf gelegten, kleineren Deckel. Der Förderkorb hebt bei seinem Eintreffen an der Hängebank zunächst mittels des Seileinbandes den kleineren Deckel an, so daß atmosphärische Luft zwischen den großen Deckel und den mittlerweile weiter aufsteigenden Korb tritt und die Depression beseitigt. Alsdann wird durch die Zwieselketten oder den Korb selbst mit abgeschwächtem Stoße auch der große Deckel angehoben.

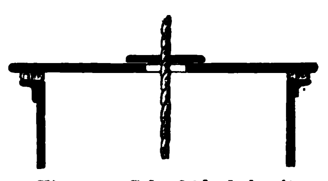


Fig. 503. Schachtdeckel mit kleinerem Deckel für das Seilloch.

Es ist natürlich, daß bei dem geschilderten Schachtdeckelverschlusse erhebliche Wetterverluste unvermeidlich sind.

Diese ergeben sich aus dem Spielraum, der dem Seile im Deckelloche und dem Korbboden in seiner Führung an der Hängebank gegeben werden muß, ferner aus Undichtigkeiten der Deckelauflage und aus gelegentlichen Übertreiben des Förderkorbes. Die Verluste sind um so größer, je höher die Depression und je flotter die Förderung ist. Man wird sie durchschnittlich auf 15—20 % schätzen können.

151. — Luftschleusenverschluß. Beim Luftschleusenverschluß stehen die Fördertrümmer bis dicht unter die Seilscheiben und außerdem ein mehr oder minder großer Teil der Hängebank unter Depression. Dieser Teil ist durch eine Wettertürenschleuse *tt* mit der Förderabteilung einerseits und mit der übrigen Hängebank anderseits verbunden. Beim Abziehen der Wagen vom Förderkorbe sind die dem Fördertrumm zunächst belegenen Türen geöffnet. Sobald sie wieder geschlossen sind, werden die äußeren Türen geöffnet, so daß die Förderwagen zur Verladung gefahren werden können. In umgekehrter Richtung werden die leeren Wagen in den Depressionsraum zurückgeschleust. In entsprechender Weise wird die Schleuse auch für die Fahrung benutzt.

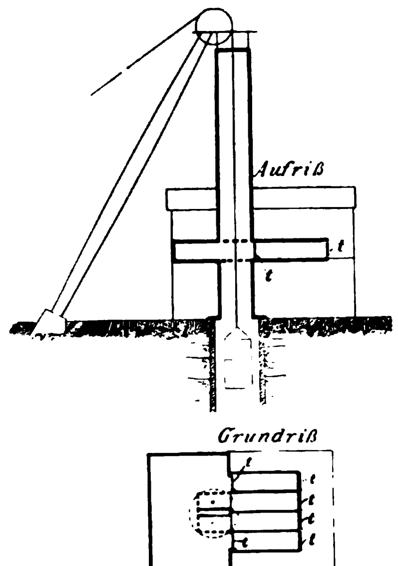


Fig. 504. Gewöhnlicher Luftschleusenverschluß.

Das Durchgangsloch für das Förderseil durch die Decke der Trummverkleidung kann hier verhältnismäßig klein sein, weil die Seilschwankungen dicht unter der Seilscheibe fortfallen.

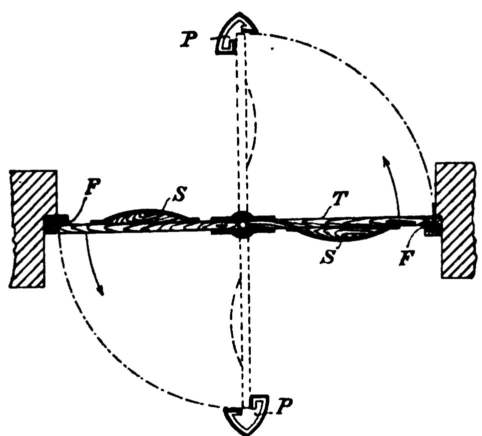


Fig. 505. Luftschleusendrehtür.

Die Wetterverluste sind bei gut ausgeführten und unterhaltenen Luftschleusen geringer als beim Schachtdeckelverschluß, weil die dichtenden Flächen fest, ohne Bewegung und ohne Spielraum aufeinander liegen. Dafür wird aber die Förderung sehr stark behindert, weil das Öffnen der Türen entgegen der Depression lästig ist und Mühe und Zeit kostet. Außerdem leidet die Übersichtlichkeit der Hängebank, so daß die Anschläger nicht genügend überwacht werden können. Für lebhafte Förderungen ist deshalb dieser Schachtverschluß wenig geeignet.

Der Luftschleusenverschluß erscheint in mannigfacher Form. Nach der Bauart der Maschinenfabrik Humboldt zu Kalk bei Köln werden Schiebetüren durch Elektromotoren bewegt, um der Bedienungsmannschaft die Arbeit des Öffnens abzunehmen. Die Elektromotoren sind so miteinander verkuppelt, daß von zwei zusammengehörigen Türen stets nur eine geöffnet werden kann.

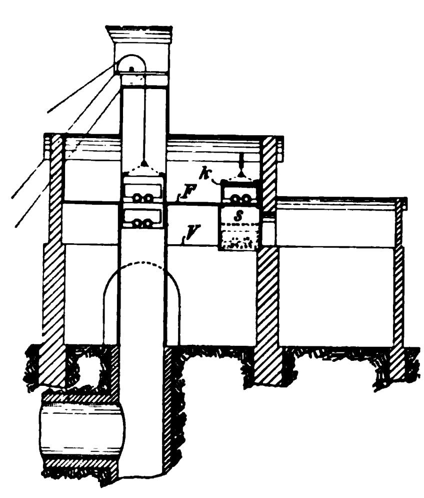


Fig. 506. Hinselmannsche Schleuseneinrichtung.

Auf Zeche Prosper bei Bottrop stehen Drehtüren nach Fig. 505 in Gebrauch, deren Achsen etwas versetzt sind, derart, daß die nach der Depressionsseite sich öffnende Hälfte der Tür T eine kleinere Fläche als die andere Hälfte besitzt. Dadurch wird erreicht, daß zwar der Luftdruck die Tür gegen die Filzdichtung F der Widerlager mit einer der Differenzfläche entsprechenden Kraft anpreßt, trotzdem aber ein verhältnismäßig leichtes Öffnen möglich bleibt. Die Schutzpuffer S dienen zur Schonung der Tür beim Durchfahren der Wagen. Die Anschläge P begrenzen die Drehbewegung.

Bei der Hinselmannschen Schleuseneinrichtung (Fig. 506) liegt die eigentliche, luftdicht abgeschlossene Förderhängebank F über der

Verladehängebank V_1 und das Durchschleusen der vollen Wagen von jener zu dieser und der leeren von dieser zu jener erfolgt in senkrechter Richtung durch seitlich liegende Bremsschächtchen *s*, die von der Schachtförderung unabhängig sind. Die in den Schächtchen *s* vorhandenen Förderkörbe *k* bewegen sich nur von der Förderhängebank *F* zur Verladehängebank V_1 und Böden und Deckel sind so eingerichtet, daß sie kolbenartig luftdicht an der Wandung der Schächtchen anschließen, und zwar so, daß bei dem tiefsten Stande des Korbes der Deckel und bei dem höchsten Stande der Boden den Luftabschluß bewirkt. Solche Schleuseneinrichtungen werden mit gutem Erfolge z. B. auf Zeche Rheinpreußen IV benutzt.

152. — Wetterdichte Schacht- und Verladehalle. Bei der Bentropschen wetterdichten Schacht- und Verladehalle,[1]) wie sie auf Zeche Neumühl bei Neumühl ausgeführt ist, steht das ganze Schachtgebäude mit Ausnahme eines Teiles des untersten Stockwerks mit unter Depression (Fig. 507). Die Entleerung der Förderwagen und die Verladearbeiten gehen im Depressionsraume vor sich. Zwar sind einige Schleusen vorhanden. Diese dienen aber nur als Durchgang für die Belegschaft und zum Ein- und Ausfördern von Materialien. Sie werden also während der regelmäßigen Förderung nicht benutzt.

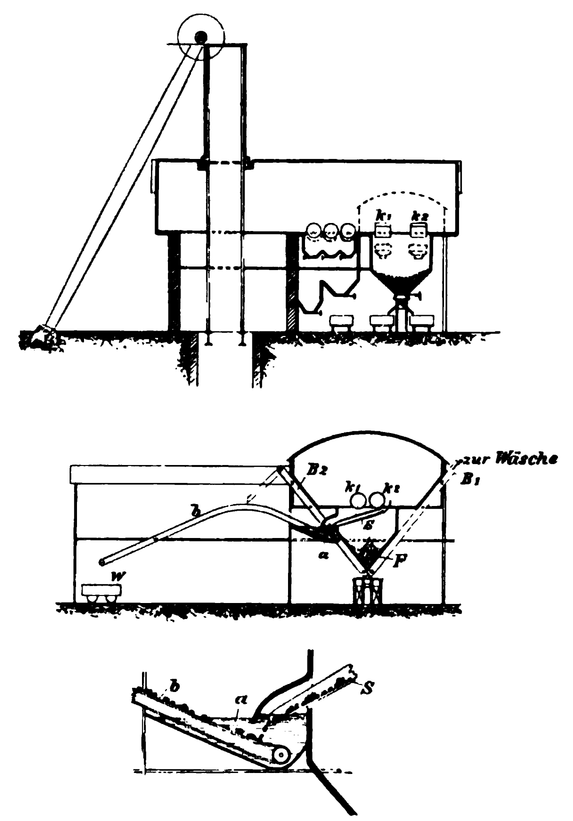


Fig. 507. Wetterdichte Schacht- und Verladehalle nach Bentrop.

Die Kohle wird nun, nachdem die Förderwagen auf den Kreiselwippern k_1 und k_2 entleert sind, auf verschiedene Weise aus dem Depressionsraume befördert. Die Stückkohle gleitet über den

[1]) Glückauf 1899, No. 31: Dehnke, Welche Einrichtungen gestatten bei oberirdischer Aufstellung des Ventilators, den ganzen Querschnitt eines Förderschachtes zur Wetterführung zu benutzen?

Rätter S in Wasserkästen a mit infolge der Abschlußwirkung des Wassers verschieden hohen Wasserständen in der inneren und äußeren Hälfte (siehe mittlere und untere Abbildung der Figur) und gelangt von hier aus mittels Lesebänder b nach den Eisenbahnwagen W, und zwar auf dem ersten Teil ihres Weges unter Wasser. Die Feinkohle fällt in den Vorratsrumpf F und kann hier abgezogen werden, wobei entweder die Kohle selbst die Abdichtung besorgt oder nach Art der Schleusen mehrere Schieber benutzt werden, von denen stets einer geschlossen sein muß. Auf die weiteren Vorrichtungen, die zur Beförderung der Kohle nach außen dienen können, soll hier nicht näher eingegangen werden.

Es hat sich gezeigt, daß das Gebäude vollkommen sicher gegenüber dem auf den Wandungen und dem Dache lastenden Luftdrucke und genügend wetterdicht hergestellt werden kann. Die Verluste sind mit nur etwa 3—4 % der Gesamtwettermenge ermittelt worden. Als Übelstand hat sich bemerkbar gemacht, daß in der Verladehalle starke Staubbildung eintrat und der ganze Raum mit der matten, stark wasserdampfhaltigen Luft des ausziehenden Wetterstromes erfüllt war.

153. — **Schachtwetterscheider.** Die beiden Tagesöffnungen, die eine jede Grube für den Wetterstrom besitzen muß, bestehen am zweckmäßigsten aus zwei gesonderten Schächten, von denen der eine voll dem einziehenden und der andere dem ausziehenden Strome zur Verfügung steht. An Stelle der Schächte können mit gleicher Wirkung Stollenmundlöcher, zu Tage gehende Fahrstrecken, Aufhauen in Flözen oder dergl. treten.

Durch Einbau eines Wetterscheiders wird es ermöglicht, mit einem einzigen Schachte für den ein- und ausziehenden Strom auszukommen. Die beiden Ströme sind dann lediglich durch die vom Scheider gebildete, wetterdichte Wand voneinander getrennt. Es hat das neben der etwaigen Ersparnis eines Schachtes den Vorteil, daß nur das ausziehende Trumm, das sog. Wettertrumm, oben abgedeckt zu sein braucht, während der Hauptteil des Schachtes für die Förderung frei bleibt. Beim Kalisalzbergbau hat man vielfach mit diesem sog. „Einschachtsystem“ gearbeitet. (Siehe S. 260).

Als Schachtwetterscheider haben sich am besten solche aus Holz bewährt, weil sie wenig Raum beanspruchen, eine gewisse Elastizität besitzen und bei Ausbesserungen sich bequem bearbeiten lassen. Die einzelnen Bretter werden mit Nut und Feder ineinander gefugt; auch werden die Fugen mit geteerter Leinwand und übergenagelten Latten gedichtet (Fig. 508). Der Anschluß an die Schachtstöße muß besonders sorgfältig hergerichtet werden. In ausgemauerten Schächten stellt man in den Stößen einen senkrechten Schlitz her, in den die Holzwand eingelassen wird. Die Abdichtung erfolgt sodann durch Zement.

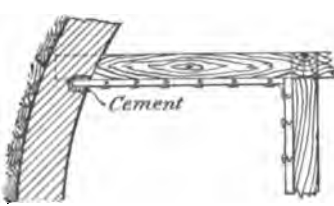


Fig. 508. Schachtwetterscheider aus Holz.

Gemauerte Schachtscheider, deren einzelne Felder von Trägern oder Einstrichen nach Art eines Fachwerkbaus getragen werden, leiden sehr unter den Stößen der Förderung und sind auch an sich stark luftdurchlässig.

Vorgeschlagen und stellenweise versucht sind ferner Schachtscheider aus Zement- oder Monierplatten und aus eisernen Blechen, die wie die Mauerung den Vorteil der Unverbrennlichkeit besitzen, in sonstiger Beziehung aber ebenfalls den hölzernen Wetterscheidern nachstehen.

154. — **Nachteile der Schachtwetterscheider.** Man sollte Wetterscheider in Schächten selbst dann nur als Notbehelf ansehen, wenn wirklich das Wettertrumm einen ausreichenden Querschnitt für den Durchzug der in Aussicht genommenen Wettermenge besitzt, was in der Regel nicht der Fall zu sein pflegt. Denn wenn es schon von vornherein schwierig ist, einen tatsächlich dichten Wetterscheider im Schachte herzustellen, so ist es noch schwieriger, ihn dauernd dicht zu erhalten. Es ist zu beachten, daß der Wetterscheider infolge der Wirkung der Depression einen nicht unerheblichen seitlichen Druck auszuhalten hat und deshalb stark auf Biegung in Anspruch genommen wird. Da bei 150 mm Depression 1 qm Scheiderfläche 150 kg tragen muß, würde ein 3 m breiter Scheider auf jedes steigende Meter mit 450 kg belastet sein. Es kommen nun die fortwährenden, bei der Förderung unvermeidlichen Stöße und Erschütterungen hinzu; häufig steht der Schacht selbst nicht völlig ruhig, sondern ist mit dem Gebirge mehr oder weniger in Bewegung, so daß hiernach die außerordentlichen Schwierigkeiten bei der Dichthaltung des Schachtscheiders verständlich werden. In jedem Falle bleibt die Gefahr bestehen, daß eine Beschädigung des Schachtes, sei es durch Vorgänge bei der Förderung, sei es durch Brechen des Ausbaus, die ganze Grube durch die Störung der Wetterführung in Mitleidenschaft zieht. Geradezu verhängnisvoll kann die Beschädigung von Schachtscheidern im Falle einer Explosion oder eines Grubenbrandes werden. Aus diesen Gründen sucht allgemein die Bergpolizei die Schachtscheider zu beseitigen.

155. — **Lage des Wetterschachtes.** Je nach der Lage des ausziehenden Wetterschachtes im Baufelde kann man zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Bewetterung unterscheiden.

Der Wetterschacht kann in der Nachbarschaft des einziehenden Schachtes etwa in der Mitte des Baufeldes liegen. Die Wetter ziehen also zunächst von dem einziehenden Schachte in der Richtung auf die Feldesgrenzen, um sodann nach Bewetterung der Baue wieder etwa nach dem Mittelpunkte des Grubenfeldes zurückzukehren. Man spricht alsdann von der rückläufigen oder zentralen Wetterführung.

Im anderen Falle werden mehrere Wetterschächte auf die Feldesgrenzen gesetzt. Die Wetter ziehen also von der Mitte des Feldes aus den Grenzen des Feldes zu, um hier durch die Wetterschächte ins Freie befördert zu werden. Man kann eine solche Art der Bewetterung grenzläufige Wetterführung nennen. Der sonst wohl gebrauchte Ausdruck „diagonale Wetterführung“ hat eine innere Berechtigung nicht.

Wenn man die allmähliche Entwickelung der Grube ins Auge faßt, so ist klar, daß die rückläufige Wetterführung zunächst am bequemsten ist. Sobald die beiden Schächte ihre bestimmte Teufe erreicht haben, kann der Durchschlag mit leichter Mühe hergestellt werden. Bei den nunmehr beginnenden Aus- und Vorrichtungsarbeiten steht ein kräftiger Wetterstrom mit zuverlässig getrenntem Hin- und Rückwege zur Verfügung. Das

Gleiche gilt, wenn später der Abbau in der Nähe der Schächte beginnt. Es wäre ungünstig, in solchem Falle erst auf den Durchschlag mit einem weit entfernten Wetterschachte warten zu müssen.

Je mehr sich aber die Baue von den Schächten entfernen und den Feldesgrenzen nähern, um so ungünstiger wird das Verhältnis für die rückläufige Wetterführung. Die Widerstände wachsen schnell, und die Grubenweite sinkt. Sind die Baue an der Feldesgrenze z. B. 1500 m vom Schachte entfernt, so beträgt die streichende Länge des Gesamtwetterweges bereits 3000 m. Läge alsdann der Wetterschacht an der Feldesgrenze, so würde der Wetterweg nur rund 1500 m lang zu sein brauchen.

Während man also bei der rückläufigen Wetterführung in der Nachbarschaft der Schächte kurze Wetterwege hat, deren Länge aber mit dem Vorrücken der Baue nach den Feldesgrenzen schnell wächst, hat man im anderen Falle stets gleiche Wetterwege von mittlerer Länge, und es ist dabei ohne Bedeutung, ob die Baue näher dem Schachte oder der Feldesgrenze stehen. Da bei der ersteren Art der Wetterführung die verbrauchten Wetter annähernd parallel zum frischen Strome und in geringem Abstande von diesem wieder nach dem Schachte zurückfließen müssen, ist leicht, und zwar besonders in der Nähe des Schachtes wegen des dort stärksten Druckunterschiedes, Kurzschluß möglich, so daß die äußersten Baue geringere und unter Umständen nicht mehr genügende Wettermengen erhalten. Bei der grenzläufigen Wetterführung dagegen besteht eine Kurzschlußgefahr nur in sehr geringem Grade, und man hat schließlich den besonderen Vorteil, daß man eine und dieselbe Sohle zum Teil für den einziehenden und zum Teil für den ausziehenden Strom benutzen kann, wie dies Fig. 509 andeutet.

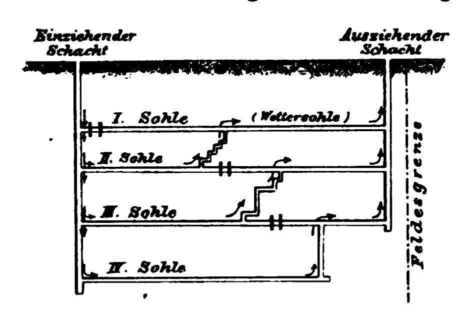


Fig. 509. Benutzung einer und derselben Sohle für den ein- und ausziehenden Strom bei der grenzläufigen Wetterführung.

Die geringere Kurzschlußgefahr der grenzläufigen Wetterführung hat zur Folge, daß Wettertüren und Wetterscheider nicht gleich sorgfältig wie bei der rückläufigen Führung der Ströme in Stand gehalten und überwacht zu werden brauchen. Namentlich in Explosionsfällen wird sich dieser Umstand in günstigem Sinne geltend machen, da die Gefahr vermindert wird, daß ganze Abteilungen des Grubenfeldes infolge Zertrümmerung der Wettertüren aus dem Wetterstrome ausgeschaltet werden.

Insgesamt besitzt also die grenzläufige Wetterführung mit Benutzung von Wetterschächten an den Feldesgrenzen eine für die einzelnen Betriebspunkte gleichmäßigere Wirkung, sie gestattet außerdem eine bessere Ausnutzung der Querschläge und Grundstrecken auf den einzelnen Sohlen und ist zuverlässiger als die rückläufige Wetterführung. Letztere ist nur für in der Entwickelung begriffene Gruben vorzuziehen.

Allerdings hängt die Wahl der Bewetterungsart nicht allein von den Rücksichten auf die Wetterführung ab. Vielmehr spricht die Frage nach den Kosten und den Schwierigkeiten des Schachtabteufens entscheidend mit. Für verschiedene Bezirke wird allein aus diesem Grunde die Frage eine verschiedene Lösung erfahren. Wo, wie im Saarrevier, Schächte billig herzustellen sind, wählt man häufig die grenzläufige Wetterführung, wo aber, wie im Ruhrbezirk, schwieriges Deckgebirge vorhanden ist und die Schächte teuer werden, begnügt man sich häufiger mit einem Wetterschachte in der Feldesmitte. Ferner ist zu beachten, daß mehrere Wetterschächte an den Feldesgrenzen eine Verzettelung des Betriebes bedeuten und daß solche Außenposten in jedem Falle lästig und schwierig zu beaufsichtigen sind, wenn auch durch Einführung des elektrischen Betriebes diese Übelstände abgeschwächt werden können (vergl. auch die Ausführungen über Zwillingschächte S. 260 unter Ziff. 13 im Abschnitt über „Grubenbaue").

156. — Bildung von Teilströmen. Bei sehr kleinen, wenig ausgedehnten Gruben ist es wohl möglich, daß ein einziger, ungeteilter Wetterstrom die sämtlichen Baue der Grube nacheinander bestreicht Für größere Gruben ist ein solches Verfahren ausgeschlossen. Der Wetterweg würde für einen einzigen Strom viel zu lang werden; die Streckenquerschnitte wären fast durchweg zu eng, um die Gesamtwettermenge durchzulassen; die Wettergeschwindigkeiten müßten viel zu hoch angenommen werden; die Widerstände würden allzusehr wachsen, und die Arbeitspunkte erhielten zwar sehr viele, zumeist aber nicht mehr ganz frische Wetter. Bei Steinkohlengruben mit mehreren Flözen könnte man auch zum Teil die bedenkliche, abfallende Wetterführung nicht umgehen.

Das einfache Mittel zur Behebung aller dieser Schwierigkeiten ist die Teilung des Wetterstromes. Vom einziehenden Gesamtstrom mit seiner hohen Geschwindigkeit werden Hauptteilströme abgezweigt, die sich weiter in Unterteilströme verästeln. Die Teilung des Wetterstromes beginnt in der Regel schon im einziehenden Schachte, indem sich von hier aus die Ströme für die verschiedenen Sohlen abtrennen. Diese Hauptströme verzweigen sich wieder in Teilströme nach den verschiedenen Querschlägen und Richtstrecken, aus denen weiter die einzelnen Grundstrecken und Bremsbergfelder ihre Teilströme empfangen. Je mehr die Bildung von Teilströmen fortschreitet, ein um so größerer Gesamtstreckenquerschnitt steht den Wettern zur Verfügung, und um so mehr ermäßigt sich ihre Geschwindigkeit. Nach Bewetterung der Baue vereinigen sich die Teilströme allmählich wieder, um schließlich im ausziehenden Schachte den einheitlichen Ausziehstrom zu bilden.

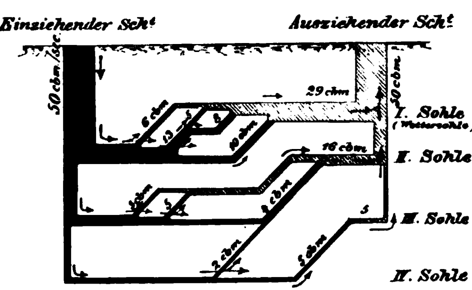


Fig. 510. Schematische Darstellung der Teilstrombildung.

Ein schematisches Bild von diesen Verhältnissen gibt Fig. 510, in welcher die frischen Wetter schwarz, die verbrauchten schraffiert dargestellt sind.

Die Teilung des Wetterstromes ergibt kurze Wetterwege, geringe Wettergeschwindigkeiten und Widerstände und ermöglicht, die einzelnen Betriebsabteilungen mit frischen unverbrauchten Wettern zu versorgen. Die einzelnen Teilströme sind so voneinander getrennt zu halten, daß nicht, beispielsweise durch unbeabsichtigte Verbindungen über den alten Mann, gegenseitige Beeinflussungen entstehen und manche Betriebspunkte vielleicht gar unbewettert bleiben. Durch scharfe Trennung der einzelnen Teilströme werden auch die Ausdehnung etwaiger Schlagwetterexplosionen und die Folgewirkungen von Bränden und plötzlichen Gasentwickelungen bis zu einem gewissen Grade eingeschränkt.

Die Bildung von Teilströmen kann sehr weit getrieben werden, so daß manche Gruben bis 60 und mehr Teilströme haben (siehe auch Ziff. 158 auf S. 546).

157. — Wetterriß und Wetterstammbaum. Um trotzdem einen schnellen Überblick über die Bewetterung einer Grube zu gewinnen, pflegt man gewöhnlich einen sog. Wetterriß und einen Wetterstammbaum anzufertigen. Auf dem Riß, der häufig auch bereits für die einzelnen Steiger-Abteilungen hergestellt und auf dem Laufenden erhalten wird, ist der Weg jedes einzelnen Stromes zur Darstellung gebracht. Auf dem Wetter-

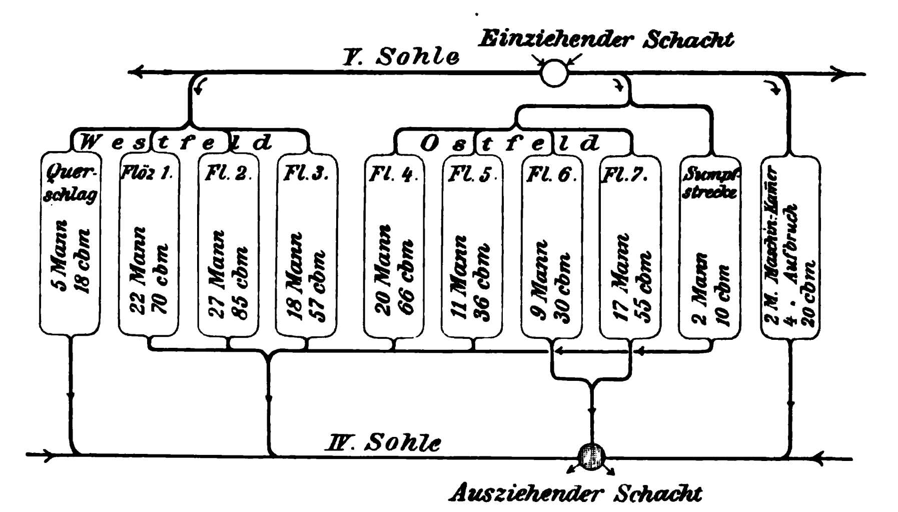


Fig. 511. Teil eines Wetterstammbaumes.

stammbaum sind die sämtlichen Teilströme mit der Stärke der Belegschaft und der Wettermenge in Kubikmetern angegeben. Fig. 511 veranschaulicht die übliche Art des Stammbaums. Ein noch klareres Bild erhält man aus der in Fig. 512 gewählten Darstellung, in der auch die einzelnen Sohlen durch verschiedene Farben auseinander gehalten werden können. Selbstverständlich wechseln der Wetterriß und Stammbaum ununterbrochen und

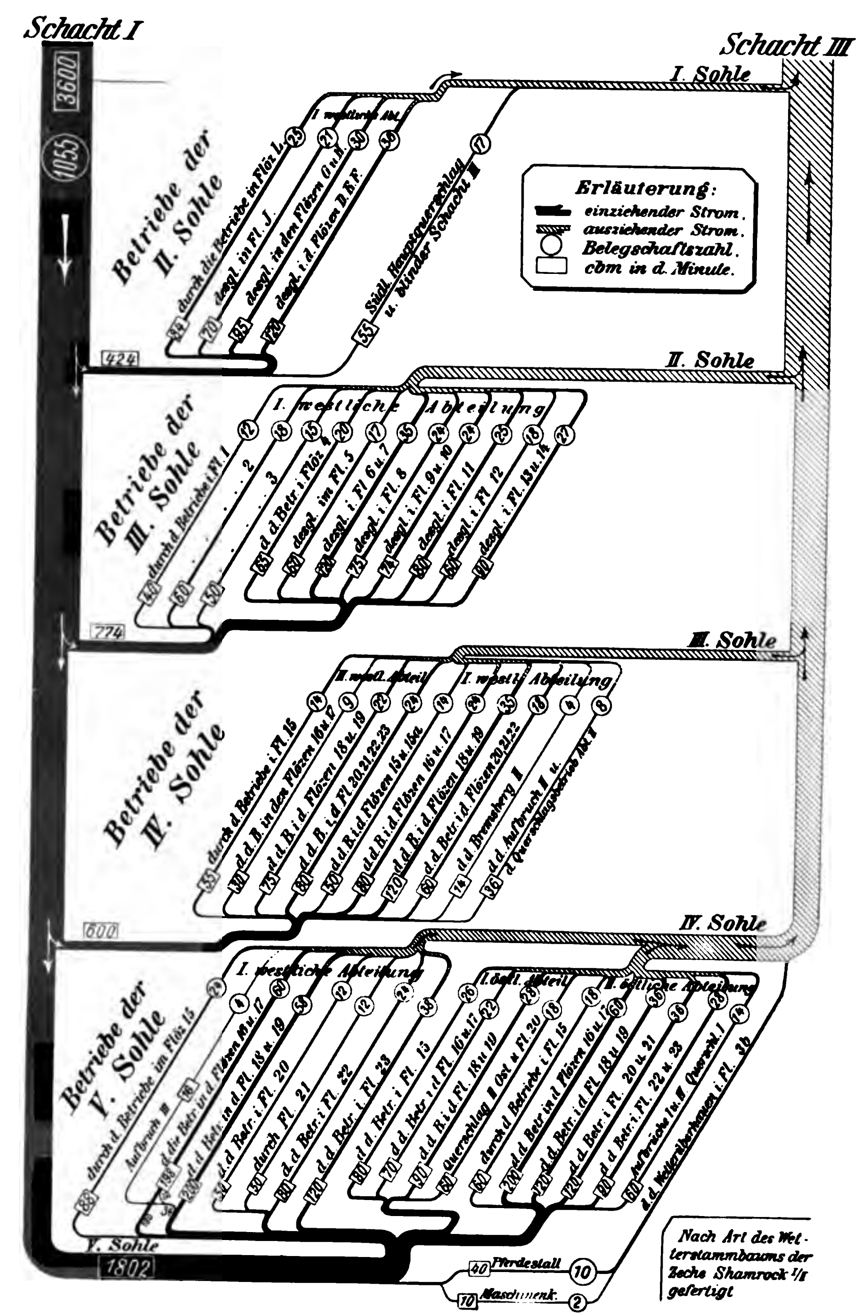


Fig. 512. Wetterstammbaum (46 Teilströme, 1055 Mann Belegschaft in der stärkst belegten Schicht, 3600 cbm Wetter in der Minute).

müssen ständig nachgetragen werden. Sie werden deshalb zweckmäßig mit Ölfarbe auf Mattglas gezeichnet, wie dies auf Zeche Shamrock I/II bei Herne durchgeführt ist. Die fortwährenden Änderungen des Bildes lassen sich dann leicht, ohne Spuren zu hinterlassen, vornehmen und beeinträchtigen die Klarheit der Darstellung nicht.

158. — Die Regelung der Stärke der einzelnen Teilströme. Wenn eine große Zahl von Teilströmen vorteilhaft scheint, so stellen sich doch einer sehr weit gehenden Teilung des Stromes praktische, oben schon angedeutete Schwierigkeiten entgegen. Denn wenn man die Einzelströme sich selbst überläßt und ihnen frei zu ziehen gestattet, so wird nicht jeder Strom die verlangte Stärke haben. Vielmehr wird der eine Strom zu viel und der andere zu wenig Wetter erhalten, je nach dem Widerstande, den sie auf ihren Wegen finden. Je mehr Einzelströme vorhanden sind, eine desto sorgfältigere und nachdrücklichere Überwachung der Wetterführung ist notwendig. Das Stärkeverhältnis der Ströme ist andauernd dem Wetterverteilungsplane entsprechend zu regeln. Diese Regelung wird mit der wachsenden Zahl der Ströme schwieriger.

Die Mittel, die man bei der Regelung der Stromverteilung anwenden kann, haben eine Verstärkung zu schwacher und eine Schwächung zu starker Teilströme zum Ziele. Bei zu schwachen Strömen wird man unter Umständen gezwungen, eine geringere Belegung der bestrichenen Baue vorzunehmen, so daß die Stromstärke für die verminderte Belegschaft ausreicht. Erwünscht ist aber eine solche Anpassung des Betriebes an die Wetterführung nicht; statt dessen ist es zweckmäßiger, wenn die Wetterführung den Forderungen des Betriebes Rechnung zu tragen in der Lage ist.

159. — Verstärkung zu schwacher Ströme. Bei den folgenden Ausführungen muß man sich der eigenartigen Beziehung erinnern, die zwischen Widerstand oder Depression und Stromgeschwindigkeit besteht (siehe S. 494 ff., Ziff. 90). Wenn man nun einen zu schwachen Teilstrom verstärken will, ohne daß man in der Lage ist, die auf ihn entfallende Depression — etwa durch Drosselung zu starker Ströme — zu erhöhen, so kann dies durch Erweitern der Streckenquerschnitte oder durch weitere Teilung des Stromes oder durch Benutzung der Sonderbewetterung geschehen.

Bei wichtigen Strömen ist die Erweiterung der Querschnitte dringend anzuraten. Sie ist oft das einzige anwendbare und sicher zum Ziele führende Mittel.

Als Beispiel, in welcher Weise eine Teilung entlastend auf den allzu behinderten Strom wirken kann, dienen die Figuren 513 und 514. Eine Grundstrecke und ein Aufhauen werden zunächst nach Fig. 513 mit einem einzigen Strome bewettert. Infolge der zunehmenden Länge des Gesamtweges erweist sich schließlich der Strom als zu schwach, weil die zur Verfügung stehende Depression nicht mehr ausreicht, worauf nach Fig. 514 der Strom geteilt wird. Aufhauen und Grundstrecke erhalten je einen Teilstrom; derjenige des Aufhauens wird unmittelbar in das die Wetter abführende Begleitort geleitet und braucht den Umweg über die

Grundstrecke nicht zu machen. Die Widerstände gehen durch diese Maßnahme stark zurück, weil jetzt die Wetter nicht beide Wege durch das

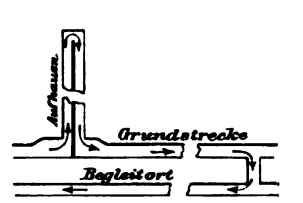


Fig. 513. Bewetterung eines Aufhauens und einer Grundstrecke durch einen einzigen Strom.

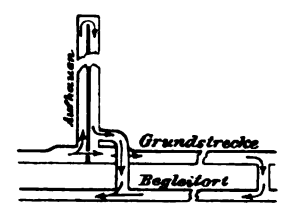


Fig. 514. Bewetterung eines Aufhauens und einer Grundstrecke durch einen geteilten Strom.

Aufhauen und die Grundstrecke hintereinander, sondern nur einen Weg entweder durch das Aufhauen oder die Grundstrecke zu machen haben. Es strömen mehr Wetter als früher nach, und die für beide Betriebspunkte insgesamt zur Verfügung stehende Wettermenge ist reichlicher.

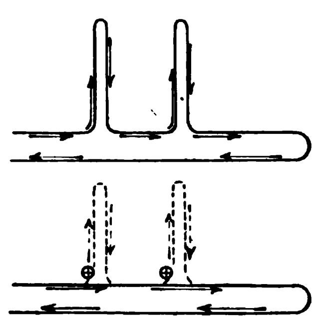


Fig. 515. Entlastung eines Wetterstromes durch Einrichtung von Sonderbewetterungen.

Noch ausgiebiger wird ein zu schwacher Wetterstrom durch Verkürzung seines Laufes entlastet, indem man einzelne Teile des Weges ausschaltet und der Sonderbewetterung, d. h. der Bewetterung mittels besonderer Kraft (Ventilator, Strahldüse) überläßt. Alsdann wird der Weg des Gesamtstromes in der aus der Fig. 515 ersichtlichen Weise verkürzt. (Näheres darüber folgt auf S. 563 ff. unter „Sonderbewetterung").

160. — Schwächung zu starker Ströme. Um zu starke Teilströme zu schwächen, kann man, abgesehen von einer Änderung der allgemeinen Bewetterungsverhältnisse, insbesondere die Drosselung und auch die Belastung des Stromes mit der Bewetterung weiterer Teile des Grubengebäudes anwenden.

Die Drosselung besteht in dem Einbau eines künstlichen Widerstandes, der bewirkt, daß nur die beabsichtigte Wettermenge noch durch den verbleibenden Streckenquerschnitt zu ziehen vermag. Es wird also eine Einschnürung für den Strom geschaffen. Jede Drosselung bedeutet für die hindurchgehende Wettermenge die Überwindung eines Widerstandes, wobei Gefälle verloren geht.

Es wird also in dem Strome aufgespeicherte Arbeit vernichtet. Man darf aber diese Arbeitsverluste nicht überschätzen. Wenn der Teilstrom 7,5 cbm sekundlich führt und in der Drosselung einen Spannungsabfall um 5 mm erleidet, so würde der ganze Kraftverlust nach der Formel:

$$N = \frac{V \cdot h}{75}$$

nur

$$\frac{7{,}5 \cdot 5}{75} = {}^1/_2 \text{ PS}.$$

betragen. Ein Teilstrom von 7,5 cbm in der Sekunde ist nun bereits ein starker Strom, und ebenso ist eine Drosselung um 5 mm Wassersäule ziemlich beträchtlich.

Die ungedrosselten Ströme nehmen an dem Spannungsverluste des gedrosselten nicht teil. Immerhin soll man der Kraftverluste wegen Hauptteilströme möglichst nicht drosseln und überhaupt mit Drosselungen sparsam arbeiten. Viele Drosselungen sind bequem, schädigen aber die Gesamtwetterleistung. Mit möglichst wenigen Drosselungen auszukommen, ist eine erstrebenswerte Kunst

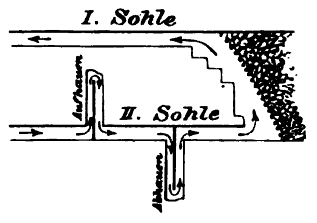


Fig. 516. Belastung eines Stromes durch Anhängen weiterer Betriebe.

Der Drosselung vorzuziehen ist die Belastung zu starker Ströme durch Anhängen weiterer Betriebe. Wenn z. B. nach Fig. 516 der von der II. zur I. Sohle fließende Strom zu stark ist, so kann er durch Einschalten der Bewetterung von Zweigstrecken (Querschlägen, Abhauen u. dergl.) oft so weit belastet werden, daß er nur noch die gewünschte Stärke behält.

Bei Gedankenlosigkeit und Unachtsamkeit kann es vorkommen, daß der zunächst zu starke Strom auf der I. Sohle (Fig. 516) gedrosselt wird und daß, wenn dann später auf der II. Sohle das Auffahren eines Querschlages oder eines Abhauens notwendig wird, hier ein besonderer Ventilator aufgestellt wird und die Drosselung auf der I. Sohle bestehen bleibt. Die durch Sonderbewetterung eintretende Entlastung auf diese Weise zu starken Strömen zugute kommen zu lassen, ist natürlich zwecklos.

161. — Einteilung der Wettertüren. Zur Durchführung der planmäßigen Wetterleitung dienen in erster Linie die Wettertüren. Man unterscheidet zwischen Türen, die den Querschnitt der Strecke vollkommen verschließen und den Strom lediglich leiten, und Türen, die gleichzeitig den Strom teilen und zu diesem Zwecke eine in der Regel einstellbare Durchgangsöffnung für die Wetter besitzen. Man spricht demgemäß wohl von Stromleitungs- oder Absperrtüren und von Stromverteilungs- oder Drosseltüren.

162. — Absperrtüren. Die Absperrtüren müssen zunächst das Erfordernis der Dichtigkeit erfüllen. Sie sind in der Regel aus 2 Holzlagen, deren Fasern sich kreuzen, gefertigt. An wichtigen Punkten wendet man Türen aus Eisenblech an, die brandsicher und außerdem widerstandsfähiger gegen äußere Einwirkungen sind. Die gegen die Rahmen schlagenden Kanten werden mit Filz-, Leinwand- oder Lederstreifen belegt. Die Türen werden stets so aufgestellt, daß sie vom Wetterzuge zugedrückt werden. Nur wo mit einer Wetterumkehr gerechnet wird, stellt man zwei nach verschiedenen Richtungen hin sich öffnende Türen auf, wobei dann wenigstens eine immer vom Wetterzuge angedrückt wird.

Damit die Türen sich von selbst schließen, stellt man sie etwas schräg oder bringt die Angeln in versetzter Stellung an. Trotzdem kann die Tür aber nicht selbsttätig in die Verschlußstellung gehen, wenn sie über ein bestimmtes Maß hinaus geöffnet wird. Es ist deshalb rätlich, außerdem

noch Schließfedern oder Fallgewichte mit einer Zugeinrichtung vorzusehen. Namentlich ist dies in druckhaftem Gebirge erforderlich, wo die Tür sich leicht in den Angeln klemmt.

Der Türrahmen wird in eine aufgestellte Bretterwand oder besser in Mauerwerk eingesetzt. Bei druckhaftem Gebirge ist es so aber außerordentlich schwierig, eine dauernd dichte, gut schließende Tür zu erhalten. Sehr empfehlenswert für solche Fälle ist es, nach dem auf Zeche General Blumenthal geübten Verfahren den Türrahmen nicht in, sondern vor dem Mauerwerk derart anzubringen, daß dieses, ohne den Rahmen in Mitleidenschaft zu ziehen, bis zu einem gewissen Grade dem Drucke nachgeben kann. Die Fig. 517 zeigt die Ausführung. Der Türrahmen *r* wird vor dem Mauerwerk durch 4 eiserne Klauen *k* gehalten, welche an Flacheisen durch Ankerschrauben *s* verschiebbar befestigt sind. Die Klauen *k* besitzen zu diesem Zwecke Schlitze *e*, welche ein Verschieben der Klammern bei eintretendem Gebirgsdruck gestatten.

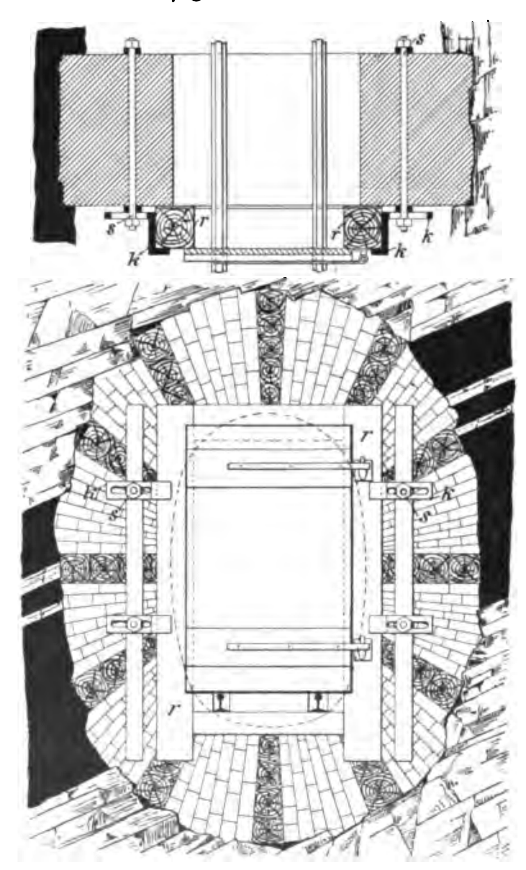


Fig. 517. Wettertür für druckhaftes Gebirge in Schnitt und Ansicht.

Die bei der Ausführung und Unterhaltung einer Wettertür aufzuwendende Sorgfalt hat sich in erster Linie nach der Bedeutung für die Bewetterung und nach der Kurzschlußgefahr zu richten. Von der größten Wichtigkeit sind bei rückläufiger Wetterführung z. B. die zwischen dem ein- und ausziehenden Schachte vorhandenen Türen, da sie einen besonders großen Depressionsunterschied auszuhalten haben und von ihnen und ihrer Dichtigkeit die gesamte Bewetterung der Grube abhängt. Hier sind Türen aus Eisenblech, die auch heftigen Stößen und Erschütterungen zu widerstehen vermögen, in fester, gemauerter Verlagerung zu fordern. Da eiserne Türen aber leicht etwas windschief werden und nicht so dicht wie hölzerne schließen,

stellt man wohl an solchen gefährdeten Punkten zwischen zwei eisernen noch eine hölzerne Tür auf. Die letztere setzt die Wetterverluste auf ein Mindestmaß herab, die ersteren schützen mehr in mechanischer Beziehung und gegen Brand.

Zur Trennung der Hauptwetterströme hat man auch sog. explosionssichere Wettertüren vorgeschlagen und stellenweise angewandt. Es sind dies zwei besonders kräftige, eiserne Türen, die mit entgegengesetzter Öffnungsrichtung beiderseits den Durchgang durch einen Mauerdamm abschließen. Die Explosion soll dann, mag sie von der einen oder anderen Seite kommen, an der unter ihrem Drucke sich schließenden Tür ihr Ende finden.

In allen Hauptwetterstrecken ordnet man stets mindestens zwei Türen hintereinander an, die so mittels Gelenkstangen verbunden sein können, daß eine geschlossen sein muß, wenn die andere sich öffnen lassen soll. In Strecken mit Pferdeförderung pflegt man eine solche Entfernung der beiden Türen voneinander zu wählen, daß ein ganzer Zug zwischen ihnen Platz findet.

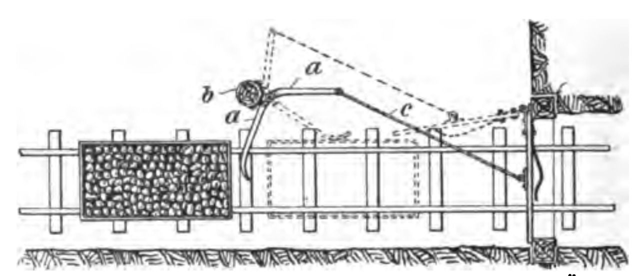


Fig. 518. Wettertür mit Hebelvorrichtung zum selbsttätigen Öffnen.

Auch bei maschinellen Streckenförderungen mit Seil ohne Ende sind Wettertüren nicht unmöglich. In diesem Falle läßt man jeden ankommenden Wagen durch Niederdrücken eines Hebels sich die Tür selbst öffnen. Fig. 518 zeigt eine solche Anordnung, die übrigens auch sonst sehr empfehlenswert ist.

An minder wichtigen Punkten begnügt man sich mit einer einzigen Wettertür. Wo es noch weniger auf einen dichten Wetterabschluß ankommt, ersetzt man die Türen durch Wettergardinen oder Vorhänge aus Segelleinen. Besonders häufig geschieht dies in Abbaustrecken, wo Türen infolge der regen Druckwirkung unzweckmäßig sind.

Bei großen Depressionsunterschieden macht das Öffnen der stark belasteten Türen Schwierigkeiten. Behufs Erleichterung wendet man mechanische Hebelvorrichtungen oder kleine Voröffnungsklappen an, die einen gewissen Druckausgleich vor und hinter der Tür bewirken und so die Öffnung gleichsam vorbereiten. Durch Leichtigkeit des Öffnens zeichnen sich auch die Drehtüren mit einer Mittelachse für doppelspurige Strecken aus, wie sie bereits auf S. 538, Ziff. 151 beschrieben und durch Fig. 505 veranschaulicht sind.

163. — Drosseltüren. Die Stromverteilungstüren besitzen in der Regel in dem festen Felde oberhalb des eigentlichen Türflügels eine

Öffnung, deren freier Querschnitt durch einen Schieber beliebig eingestellt werden kann (Fig. 519). In Rücksicht auf die Gefahr von Schlagwetteransammlungen ist es zweckmäßig, die Öffnung möglichst nahe unter der Firste anzubringen. Soll der durchgehende Teilstrom verstärkt werden, so müssen noch weitere Öffnungen in der Tür geschaffen werden. Unter Umständen ist der ganze Türflügel auszuhängen.


Fig. 519. Stromverteilungstür.

Man kann gewöhnlich die Wettertüren mit gleicher Wirkung entweder im einziehenden Strome auf der Fördersohle oder im ausziehenden Strome auf der Wettersohle aufstellen. Auf der Fördersohle ist zwar die dauernde Überwachung der Türen leichter und bequemer. Dafür müssen sie aber der Förderung und Fahrung wegen häufiger geöffnet werden, womit jedesmal eine Störung des Wetterzuges verbunden ist. Auch sind die Türen in höherem Grade Beschädigungen ausgesetzt. Man pflegt deshalb den Einbau der Türen im ausziehenden Strome vorzuziehen. Freilich bleibt das Bedenken, daß im Falle von Explosionen, Bränden oder plötzlichen Grubengasausströmungen die Abführung der Gase behindert ist.

164. — Wetterdämme. Soll eine Strecke dauernd geschlossen werden, so ist sie am besten durch einen gemauerten Wetterdamm abzusperren. Das Mauerwerk ist im Interesse der Dichtheit sorgfältig berappt zu halten. Bei druckhaftem Gebirge mauert man Bretterlagen ein oder führt auch „Klötzeldämme“ auf. Bei diesen werden in der Streckenrichtung $^1/_2$—1 m lange Hölzer in Mörtelverband aufeinander geschichtet. Ist ein sehr dichter Abschluß erforderlich, so kann man 2 Dämme in kurzer Entfernung voneinander aufführen und den Zwischenraum mit trockenem Sand oder Lehm ausfüllen.

Schneller aufzuführen sind Wetterdämme aus Bretterlagen, die auf Türstöcke oder eigens gesetzte Stempel genagelt werden. Die Dichtigkeit läßt jedoch namentlich bei druckhaftem Gebirge zu wünschen übrig. Auch in diesem Falle kann man 2 Verschläge in naher Entfernung anbringen und den Zwischenraum mit Sand oder Lehm ausstampfen.

165. — Wetterkreuze. Namentlich bei flacher Lagerung muß man häufig einen Wetterstrom einen anderen kreuzen lassen, ohne daß eine Mischung beider Ströme stattfinden darf. Es geschieht dies mittels sogenannter Wetterkreuze (Wetterbrücken). Art und Sorgfalt der Ausführung richten sich hauptsächlich nach den zwischen beiden Strömen bestehenden Spannungsunterschieden. Bei annähernd gleichen Druckverhältnissen können unter Umständen Bretterverschläge genügen. Fig. 520 zeigt ein Wetterkreuz mit gemauerten Seitenwangen und rechteckiger Holzlutte. Nach Fig. 521 ist das in doppeltem Schnitte dargestellte Wetterkreuz gemauert, und die Dichtheit ist durch Verstampfen mit Letten erhöht. Ein fahrbarer Durchgang mit 2 Wettertüren gestattet, aus dem einen Wetterweg in den andern zu gelangen. Fig. 522 zeigt eine Wetterüberführung, die aus

einem gemauerten, rund gewölbten Kanale besteht. Bei sehr wichtigen Wetterkreuzen führt man die eine Strecke über die andere in der Art

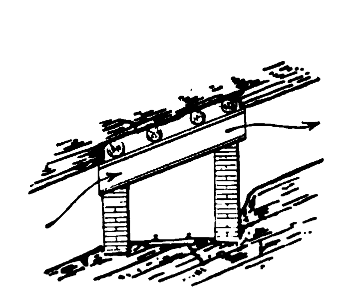


Fig. 520. Gemauertes Wetterkreuz mit Holzlutte.

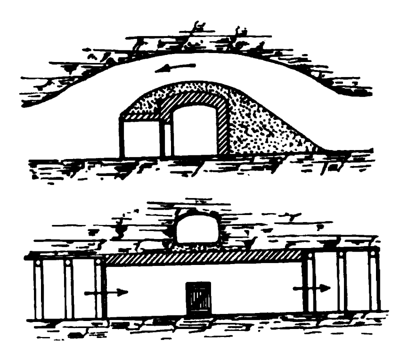


Fig. 521. Gemauertes Wetterkreuz.

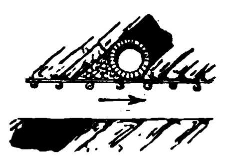


Fig. 522. Wetterkreuz in Gewölbemauerung.

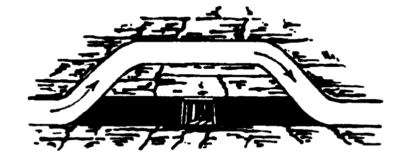


Fig. 523. Wetterkreuz mit Gebirgsmittel.

hinweg, daß zwischen beiden ein Gebirgsstück als trennende, feste Wand belassen wird (Fig. 523).

B. Die Bewetterung der Baue und insbesondere der Streckenbetriebe.

166. — Einleitung. Die Bewetterung der Abbaubetriebe macht in der Regel keine Schwierigkeiten, weil mit Beginn des Abbaus der Durchschlag zwischen den Wetterzuführungs- und -Abführungsstrecken bereits erfolgt zu sein pflegt. Sie kann hier um so eher übergangen werden, als im IV. Abschnitt die verschiedenen Abbauarten auch mit Rücksicht auf die Bewetterungsverhältnisse besprochen worden sind.

Die Bewetterung von Streckenbetrieben aller Art dagegen gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben des Bergbaues, weil die Wetter auf dicht beieinander liegenden Wegen sowohl zu dem Arbeitspunkte hin als auch wieder zurück geleitet werden müssen. Das ist um so weniger leicht, je weiter man für den Hin- und Rückweg der Wetter auf eine einzige Strecke angewiesen und je größer die Entfernung ist, auf welche die zu bewetternde Strecke gleichsam eine Sackgasse für die Wetterführung bildet.

Es kommt hinzu, daß die Vorrichtungstrecken häufig besonders vieler Wetter bedürfen, da die Schlagwetterentwickelung bei der Aufschließung des Feldes das gewöhnliche Maß übersteigt.

Man unterscheidet vier Arten der Bewetterung von Streckenbetrieben, die sämtlich das Kennzeichen zweier getrennter Wetterwege haben, nämlich:

a) unter Benutzung des vom Hauptventilator erzeugten Wetterstromes die Bewetterung:
   1. mittels Begleitstreckenbetriebes,
   2. mittels Wetterscheider oder Wetterröschen,
   3. mittels Lutten; und
b) unter Benutzung selbständig angetriebener Bewetterungseinrichtungen:
   4. die Sonderbewetterung.

1. Der Begleitstreckenbetrieb.

167. — Wesen und Durchführung. Der Begleitstreckenbetrieb besteht darin, daß man nicht eine einzelne Strecke für sich allein, sondern in Begleitung einer anderen oder mehrerer Parallelstrecken ins Feld treibt, so daß dann die Begleitstrecke als Wetterabfuhrstrecke benutzt werden kann. Man gibt den beiden Parallelstrecken eine Entfernung von 10—20 m voneinander und verbindet sie alle 15—30 m durch Durchhiebe. Von diesen ist stets nur der letzte für den Wetterdurchzug offen, während die rückwärts belegenen sorgfältig durch Wetterdämme verschlossen werden (Fig. 524). Auf Schlagwettergruben muß der Wetterdamm zur Verhütung von Schlagwetteransammlungen am tiefsten Punkte des Durchhiebes aufgestellt werden.

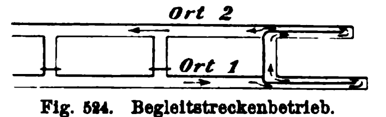


Fig. 524. Begleitstreckenbetrieb.

Die Wetter gelangen auf solche Weise aber nicht unmittelbar vor die Arbeitspunkte der beiden Streckenbetriebe. Bisweilen kann nun allerdings für die Bewetterung der entstehenden Sackgassen die Diffusion genügen. Zumeist aber und namentlich in Schlagwettergruben wird sie nicht ausreichen, so daß die in Fig. 524 gezeichneten Hilfswetterscheider eingebaut werden müssen. Sie werden annähernd bis vor Ort und, wenn ein Durchhieb im Aufhauen begriffen ist, auch in diesen geführt.

Unter Umständen, namentlich zur Vorrichtung des Pfeilerabbaus, muß man mehrere parallele Strecken gleichzeitig auffahren. Alsdann werden die einzelnen Durchhiebe wechselweise hergestellt, wodurch deren Entfernung voneinander auf das Doppelte erhöht werden kann (s. Fig. 332 S. 313).

168. — Vor- und Nachteile. Die Bewetterung mittels Begleitstreckenbetriebes ist namentlich für solche Fälle angebracht, wo es nicht auf besondere Beschleunigung der Arbeit ankommt und wo die zweite Strecke aus Betriebsrücksichten ohnehin aufgefahren werden muß (Bremsberg und Fahrüberhauen, Förder- und Sumpfquerschlag, Abbaustrecken). Im übrigen wird das Verfahren nur anwendbar sein, wenn die Strecken auf der Lagerstätte selbst aufgefahren werden, so daß der Streckenbetrieb durch das Fallen nutzbarer Mineralien sich bezahlt macht. Andernfalls würden die Kosten unverhältnismäßig hoch werden. Denn die gesamte aufzufahrende Streckenlänge wird durch die Begleitstrecke nicht nur verdoppelt, sondern steigt infolge der Notwendigkeit der Durchhiebe leicht auf das Zweiundeinhalb- bis Dreifache. Eine gewisse Verlangsamung der Arbeiten ist dabei unvermeidlich. Neben den Auffahrungskosten sind die

Aufwendungen für die Streckenunterhaltung in Betracht zu ziehen, die bei druckhaftem Gebirge erheblicher als die ersten Auffahrungskosten sein können.

Als Nachteil des Begleitstreckenbetriebes ist ferner geltend zu machen, daß das Gebirge unruhig und druckhaft und die Kohle infolge des Druckes und der Entgasung minderwertig wird. Auch die Grubengasentwickelung ist naturgemäß stärker, weil eine viel größere Kohlenoberfläche bloßgelegt wird. Die gefahrlose Abführung der Schlagwetter ist aber während der Aus- und Vorrichtungsarbeiten viel schwieriger als später, wenn nach erfolgtem Durchschlage der Abbau beginnt. Der Begleitstreckenbetrieb wirkt deshalb dem Bestreben entgegen, die Grubengasentwickelung während der Vorrichtung möglichst zu verzögern.

Anderseits ist nicht zu verkennen, daß man mit Hilfe von Parallelstrecken von genügendem Querschnitte große Wettermengen unter Aufwand einer geringen Depression weit ins Feld führen kann. Dabei ist die Wetterführung einfach und bedarf keiner eingehenden Überwachung.

2. Bewetterung von Strecken mittels Wetterscheider und Wetterröschen.

169. — Einrichtung und Anwendbarkeit der Wetterscheider. Die Wetterscheider bestehen aus einer dichten Wand, die die Strecke in zwei voneinander geschiedene Wetterwege trennt. Der eine Weg dient für die frischen, der andere für die abziehenden Wetter.

Wetterscheider werden in verschiedenem Material und in verschiedener Art ausgeführt.

Hölzerne Scheider werden in der Art hergestellt, daß man Bretter entweder stumpf aneinander stoßend (Fig. 525) oder in Schuppenanordnung (Fig. 526) an einer Reihe aufgestellter Stempel festnagelt. In ersterem Falle greifen die Bretter mit Nut und Feder ineinander, oder die Fugen werden mit Leisten übernagelt. Solche Scheider beanspruchen einen geringen

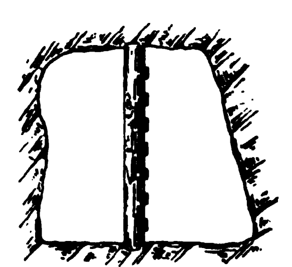


Fig. 525. Hölzerner Wetterscheider mit Überdeckung der Fugen durch Leisten.

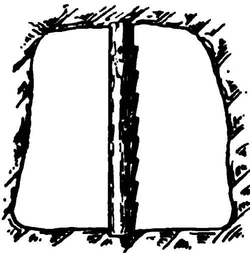


Fig. 526. Hölzerner Wetterscheider in Schuppenanordnung.

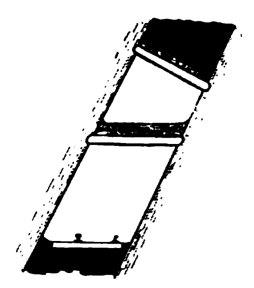


Fig. 527. Wagerechter Wetterscheider.

Raum, sind einfach herzustellen, aber wenig dicht. Bei größeren Ansprüchen an die Dichtigkeit nagelt man auf jede Seite der Stempelreihe eine Bretterlage und füllt den Zwischenraum durch Sand, Letten oder Kohlenklein aus. Ist man in der Lage, den Scheider aus Holzbrettern wagerecht oder annähernd wagerecht anzubringen, so bedeckt man einfach die Holzlage mit den genannten Dichtungsmitteln (Fig. 527).

Häufig gebraucht werden die Wetterleinen. Die einzelnen Streifen müssen so übereinander gelegt werden, daß der Luftstrom nicht in den verbleibenden Spalt hineinbläst (Fig. 528). Die Leinen werden gewöhnlich an einem an die Kappen genagelten Brette befestigt. Der Zwischen-

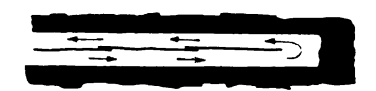


Fig. 528. Anordnung der Wetterleinen in einem Wetterscheider.



Fig. 529. Anschluß eines Wetterscheiders aus Wetterleinen an das Hangende.

raum zwischen Brett und Firste kann vermauert (Fig. 529) oder durch angenagelte, der Firste angepaßte Brettstückchen verschlossen werden. Ähnlich sind auch Wetterscheider aus Pappe.

Die Wetterscheider aus Leinen und Pappe sind einfach und billig herzustellen, sind aber wegen der unvermeidlichen Undichtigkeiten nur für kürzere Entfernungen (bis etwa 50 m) brauchbar.

Für lange Strecken sind in erster Linie die gemauerten Wetterscheider geeignet. Sie finden häufig beim Auffahren von Querschlägen Anwendung. Die Stärke der Mauer beträgt $^1/_2$—$1^1/_2$ Stein. Bei nur $^1/_2$ Stein starker Wand pflegt man alle 6—10 m Verstärkungspfeiler aufzuführen. Bei Gebirgsdruck mauert man einige Bretterlagen aus weichem Holze ein. Das Mauerwerk muß auf beiden Seiten gut berappt sein. Trotz sorgfältiger Ausführung sind die Wetterverluste in der Regel nicht unerheblich und betragen bei $^1/_2$ Stein starker Mauerung etwa 10—20 $^0/_0$ der ursprünglichen Wettermenge auf je 100 m. Bei mehr als 500 m Streckenlänge ist es zweckmäßig, eine 1 Stein starke Mauerung zu wählen, wodurch die Verluste etwa auf die Hälfte sinken. Bei Entfernungen über 1000 m sollte man die Mauerung $1^1/_2$ Stein stark aufführen.

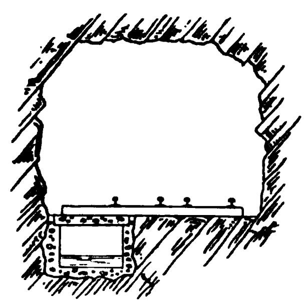


Fig. 530. Abdeckung der Wasserrösche als Wetterscheider.

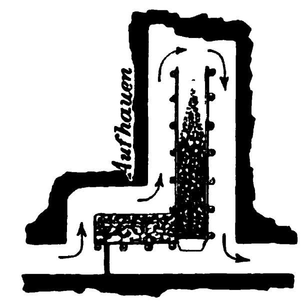


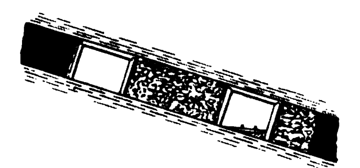
Fig. 531. Kohlenrollkasten als Wetterscheider.

Für einen $^1/_2$ Stein starken Wetterscheider von 500 m Länge sind z. B. die gesamten Wetterverluste auf 78 $^0/_0$ und für einen $1^1/_2$ Stein starken Scheider von 1650 m Länge die Verluste auf 70 $^0/_0$ ermittelt worden.

Wetterscheider besonderer Art unter Ausnutzung vorhandener Einrichtungen zeigen die Figuren 530 und 531. Nach Fig. 530 ist die mit

Zement ausgekleidete Wasserrösche durch Abdecken mit Betonplatten für die Wetterführung benutzt worden, während nach Fig. 531 ein Kohlenrollkasten in einem Überhauen als Wetterscheider dient.

170. — **Wetterröschen.** Sehr viel benutzt werden neuerdings bei Streckenbetrieben im Flöze für kürzere Entfernungen die sog. Wetterröschen. Die Strecken — es kommen hauptsächlich Grundstrecken oder Bremsbergaufhauen in Frage — werden in einer Breite von 8—15 m aufgefahren, um teilweise wieder versetzt zu werden. In dem Versatz oder zwischen dem Versatz und dem festen Stoß werden, wie dies die Figuren 532 und 533 andeuten, die für den sonstigen Betrieb und die Wetterführung erforderlichen Wege ausgespart. Eine solche Bewetterung ist


Fig. 532. Wetterrösche bei flacher Lagerung.

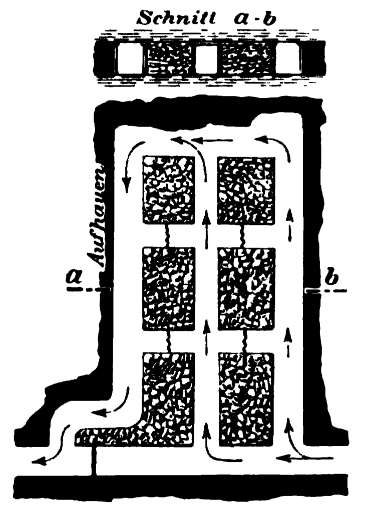


Fig. 533. Wetterröschen im Bremsbergaufhauen.

einfach, bequem und billig. Die sonstigen Vorteile des Breitaufhauens der Strecken sind in dem Abschnitte „Aus- und Vorrichtung" auf S. 293 näher besprochen.

Den zwischen dem ein- und ausziehenden Strome befindlichen Bergeversatz nennt man wohl Damm. Seine Dichtigkeit hängt von der Sorgfalt, mit der er aufgeführt ist, von der Feinheit des Versatzmaterials, von der Breite des Versatzes und von dem Einfallwinkel ab. Je steiler das Fallen ist, um so dichter wird der Versatz. Zur Erhöhung der Dichtigkeit berappt man den Versatz mit Mörtel oder verzieht ihn mit Wetterleinen.

Derartige Wetterröschen sind vielfach auf 50—100 m, in einzelnen Fällen sogar bis auf 200, m für die Wetterführung mit Erfolg benutzt worden.

3. Bewetterung von Strecken mittels Lutten mit Selbstzug.

171. — **Material und Form der Blechlutten.** Es gibt Lutten aus Eisen- und Zinkblech, aus Wetterleinen und aus Holz. Die Lutten aus Eisenblech sind, damit sie dem Roste und sauren Wassern besser widerstehen, gewöhnlich verzinkt. Die Blechstärke beträgt 1—1$^1/_2$ mm für enge Lutten (mit 25—35 cm Durchmesser) und 1$^1/_2$—2 mm für weite Lutten (mit 40—70 cm Durchmesser). Die Lutten aus Zinkblech sind teurer und nicht so widerstandsfähig wie gleich starke eiserne Lutten. Sie behalten aber nach Unbrauchbarwerden ihren Metallwert, während verbrauchte Lutten aus Eisenblech nur noch Schrottwert haben.

Die Widerstandsfähigkeit der Lutten wird durch Wellrohrform (Fig. 534*a*) ganz bedeutend erhöht. Insbesondere werden Zinkblechlutten häufig aus gewellten Blechen gefertigt. Leider lassen Wellblechlutten wegen der größeren Reibung, die der Luftstrom findet, sehr viel weniger Wetter durch. Nach den Versuchen von Uthemann wurden durch 2 gleich lange Luttenleitungen von 105 m Länge und 35 cm lichter Weite mittels eines Ventilators die folgenden Wettermengen in einer Minute gesaugt:

Bei einer Depression von mm Wasser:	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Durch glatte Lutten: cbm	16,0	27,3	34,9	41,6	46,4	50,7	55,0	61,0	62,8	66,0
Durch Wellblechlutten: „	11,1	14,4	18,0	20,7	23,4	26,4	28,1	30,1	33,1	34,8

Vergleicht man die Zahlen, so sieht man, daß bei gleichen Depressionen die glatten Lutten annähernd die doppelte Wettermenge durchlassen und daß bei gleichen Wettermengen die Wellblechlutten einen 3—4 mal so hohen Widerstand als glatte besitzen.

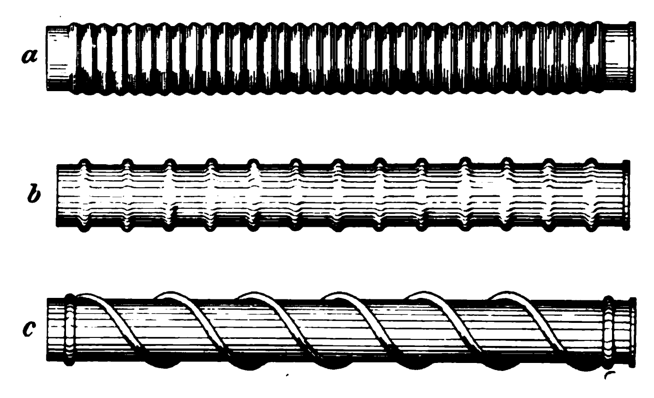


Fig. 534. Wetterlutten aus Wellblech, mit Einzelrippen und mit Wulstumwindungen.

Lutten mit einzelnen Rippen (Fig. 534*b*) nehmen eine Mittelstellung zwischen glatten und gewellten Lutten ein. Glatte Lutten mit Wulstumwindungen (Fig. 534*c*) sollen die Vorzüge beider Luttenarten miteinander verbinden.

Die Blechlutten werden in 2 m langen Stücken angeliefert und in der Grube zusammengebaut. In ganz geraden Strecken benutzt man auch wohl Stücke von 4 m Länge.

172. — Die Verbindung der Blechlutten und die Wetterverluste. Die Wetterdichtigkeit der Lutten hängt allein von den Luttenverbindungen ab.

Ursprünglich waren die sog. Muffenverbindungen die Regel. Bei diesen steckt man das eine etwas zusammengezogene Ende der einen Lutte in eine schwach konische Erweiterung der nächsten. Die Verbindungsstelle wird mit einer Kittmischung verschmiert. Eine geeignete

Mischung für solche Schmiermasse, die nicht hart und nicht rissig wird, setzt sich zusammen aus 2 Teilen Kolophonium, 5 Teilen Talg und 4 Teilen Kreide.

Die Wetterverluste sind auch bei sorgfältiger Dichtung und dauernder Überwachung der Luttenleitung bedeutend und steigen bis auf 25—40 % je 100 m Leitungslänge.

Das Auswechseln einzelner beschädigter Lutten in einer längeren Leitung ist unbequem, weil infolge des Ineinandersteckens der Lutten eine Längsverschiebung der Leitung vorgenommen werden muß.

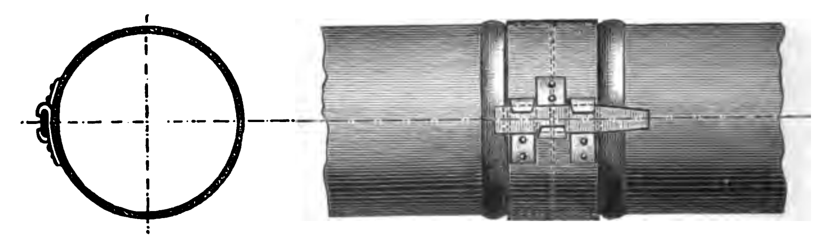


Fig. 585. Luttenverbindung mit Bandverschluß von Wirtz.

Eine große Verbreitung hat die Bandverbindung gefunden, die zuerst von Wirtz in Schalke eingeführt wurde und jetzt in den verschiedensten Ausführungsformen in Gebrauch steht. Bei dem Bandverschlusse stoßen die stets gleich weiten Luttenenden stumpf voreinander. Die Enden werden durch ein herumgelegtes, mit Segeltuch gefüttertes, federndes Eisenblechband miteinander verbunden, das durch Keile, Hebel oder Schrauben angezogen werden kann. Die Figuren 535 und 536 zeigen Bandverbindungen mit Keil- und Schraubenanzug.

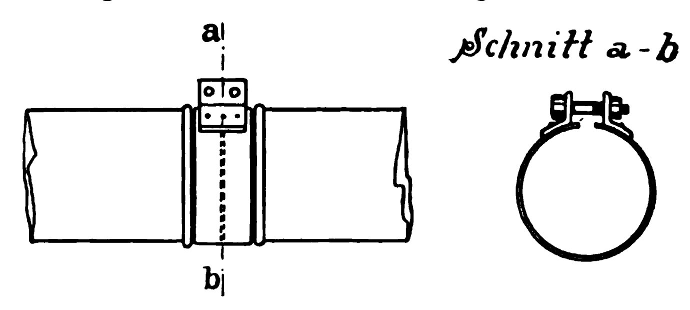


Fig. 536. Luttenverbindung mit Bandverschluß von Würfel und Neuhaus.

Die erzielbare Dichtigkeit ist wesentlich größer als bei den Muffenverbindungen, obwohl die Wetterverluste immer noch nicht unbedeutend sind. Sie betrugen nach einer im Betriebe erfolgten Feststellung von Uthemann z. B. bei einer 500 m langen Luttenleitung 76 %, so daß auf je 100 m durchschnittlich 15 % entfielen.

Im übrigen sind die Bandverbindungen beim Einbau und Auswechseln der Lutten handlich und bequem. Sie gestatten ebenso wie die Muffenverbindungen kleine Richtungsänderungen, so daß die Luttenleitungen

sanfteren Streckenkrümmungen ohne Einschieben besonderer Stücke folgen können.

Die dichteste und haltbarste Luttenverbindung ist jedoch die mittels Bunden und Flanschen oder mittels Bunden und Klauen oder Klammern. Die Lutten tragen an den Enden einen abgedrehten Bund und werden nach Zwischenlegung eines Gummi- oder Pappringes mittels

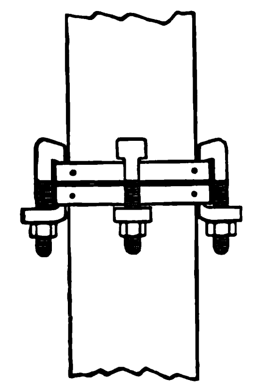


Fig. 537. Klauenverschluß von Würfel & Neuhaus.

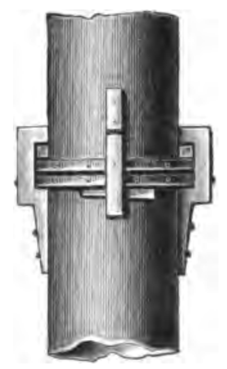
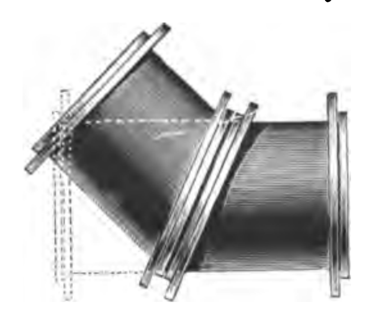


Fig. 538. Klammerverschluß von Würfel & Neuhaus. (Das obere Luttenende trägt eine Klammer, das untere deren drei)

der lose aufsitzenden Flanschen (siehe Fig. 539) ebenso wie Dampfleitungs- oder Berieselungsrohre zusammengeschraubt. Ohne Flanschen kann man die Bunde durch den Klauenverschluß (Fig. 537) von Würfel & Neuhaus zu Bochum sicher und fest zusammenziehen. Gut bewährt hat sich auch der Klammerverschluß (Fig. 538) derselben Firma. Bei diesem sind an den Luttenenden abwechselnd je 1, bezw. 3 Klammern mit über-



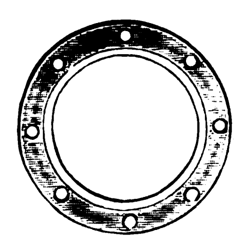


Fig. 539. Winkelstücke für Flanschenlutten (von Wirtz).

greifenden Fängern als Widerlager befestigt. Durch Eintreiben von Holzkeilen werden die Bunde gegeneinander gepreßt.

Die Dichtigkeit der Bundlutten hängt von der Sorgfalt ab, mit der man die Verbindungen herstellt. Es hält nicht schwer, bei neuen Lutten eine fast völlig dichte Leitung zu erzielen. Auf Grube König im Saarrevier sind die Verluste bei einer Leitungslänge von 565 m unter 10 % geblieben.

Die Bunde schützen die Enden vor Beschädigungen durch Stoß, so daß die Lutten dauerhafter sind und öfter verwandt werden können. Nachteile sind der höhere Preis der Lutten und der Umstand, daß sie nur ganz geradlinig verlegt werden können. Der letztere Übelstand kann jedoch dadurch vermieden werden, daß man einige etwas schräg abgeschnittene Luttenstücke mit einbaut. Je nachdem man zwei solche Stücke aufeinander setzt, läuft die Leitung entweder geradlinig oder unter einem von dem Maße der Verdrehung abhängigen Winkel weiter (Fig. 539).

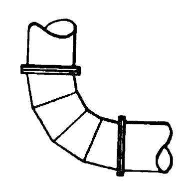


Fig. 540. Luttenkrümmer aus einzelnen zusammengelöteten, geraden Stücken bestehend.

Lutten mit Bundverbindungen sind besonders dann zu empfehlen, wenn es sich um bedeutende Entfernungen handelt, weil man nur bei ihnen die Sicherheit hat, die beabsichtigte Wettermenge tatsächlich bis vor Ort zu bekommen.

In stärkeren Streckenkrümmungen sind in die Luttenleitungen Krümmer einzuschalten, die am besten gleichmäßig gebogen sind. Da sich diese schwer herstellen lassen, lötet man sie in der Regel aus einzelnen geraden, aber schräg abgeschnittenen Stücken zusammen (Fig. 540).

173. — **Wetterlutten aus Segelleinen.** Wetterlutten aus Segelleinen (von der deutschen Wetterluttenfabrik Paul Weinheimer zu Düsseldorf) werden in Durchmessern von 250—750 mm gefertigt und durch Stahlringe, die in Abständen von 300—400 mm eingenäht werden, versteift. Sie lassen sich zusammenfalten und so leicht aufbewahren und gut befördern; auch sind sie durch Aufhängen an den Kappen der Zimmerung leicht anzubringen, so daß sie schnell eingebaut werden können. Da sie aber dem Luftstrome wegen der Rauhheit der Wände und des unregelmäßigen Querschnitts einen großen Widerstand bieten, sind sie nur für kurze Entfernungen geeignet. Wegen der leichten Verlegbarkeit werden sie namentlich als das letzte Ende einer längeren Leitung aus Blechlutten gern benutzt. Sie werden dann während der Arbeit bis unmittelbar vor Ort geführt, beim Schießen aber zurückgeschoben. Das Ende kann mit Zugvorrichtung ausgerüstet sein, die ein Vorziehen aus der Entfernung sofort nach dem Schießen gestattet.

174. — **Holzlutten.** Holzlutten haben den Vorzug, daß sie auf jeder Grube schnell hergestellt werden können. Im übrigen sind sie aber schwer und unhandlich, sie faulen leicht und besitzen einen für den Wetterstrom ungünstigen Querschnitt, so daß sie auf größere Längen kaum gebraucht werden. Immerhin verwendet man auf nordfranzösichen Gruben mit Vorteil hölzerne Lutten von sehr großem Querschnitt, nämlich von 1,5 : 0,75 und 1,0 : 0,75 m. Diese Lutten werden erst unter Tage aus den einzelnen Wandstücken zusammengebaut. Die angewandte Brettstärke ist 25 mm; die Bretter sind mit Nut und Feder zusammengefügt. Einzelne Verstärkungsleisten umfassen die gebildeten Kästen. Man erhält so sehr große Luttenquerschnitte, mittels deren man bei geringer Depression große Wettermengen weit ins Feld bringen kann. Für solche großen, kastenförmigen Lutten wird wenig druckhaftes Gebirge die Vorbedingung sein, weil sonst die Streckenquerschnitte nicht ausreichen.

175. — Blasende und saugende Luttenbewetterung. Bei jeder Luttenbewetterung — sowohl derjenigen mit Selbstzug, als auch derjenigen, die sich einer besonderen Kraftquelle zur Bewegung der Wetter bedient — unterscheidet man blasende oder saugende Bewetterung, je nachdem die Lutte die Wetter vor Ort bläst oder von dort absaugt.

Die blasende Bewetterung hat den großen Vorzug, daß das Arbeitsort kräftiger mit dem frischen Wetterstrome bespült und von Schlagwetteransammlungen befreit wird. Der aus den Lutten austretende Luftstrom hält zunächst ähnlich wie ein Wasserstrahl zusammen. Der Luftstrahl bläst bis vor Ort und vertreibt dort etwaige schädliche Gase, selbst wenn das Luttenende mehrere Meter, ja 8 oder 10 m weit zurückliegt. Anders ist

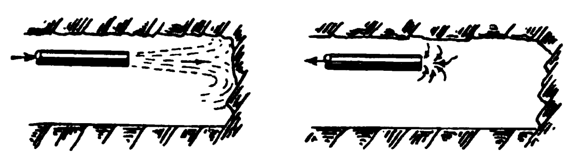


Fig. 541. Wirkung der blasenden und saugenden Luttenbewetterung.

dies bei der saugenden Bewetterung, wo sich die Saugwirkung nur in der unmittelbaren Nähe des Luttenendes bemerkbar macht (Fig. 541). Einige Meter weiter sammeln sich vielleicht Schlagwetter an, die nahezu unbewegt stehen bleiben können.

Bei der Sonderbewetterung mit Luft- oder Wasserstrahldüsen spricht noch zugunsten der blasenden Bewetterung, daß die kühlende Wirkung der expandierenden Preßluft oder des Wassers dem Betriebspunkte zugute kommt.

Dagegen wird als Nachteil der blasenden Bewetterung geltend gemacht, daß vom Arbeitspunkte her die mit Grubengas angereicherte Luft durch die Strecke selbst wieder zurück muß und so auf der ganzen Streckenlänge unter Umständen gefährliche Verhältnisse schafft. Es kann dies namentlich bei schwebenden Strecken lästig sein, weil das leichte Grubengas schwer zum Abwärtsziehen zu bewegen ist und leicht hinter Kappen und an sonst vor dem Wetterzuge geschützten Stellen stehen bleibt. Diese Bedenken sind namentlich dann zu beachten, wenn es sich um die Einleitung der Bewetterung eines aus irgend einem Grunde völlig mit Grubengas erfüllten Ortes handelt. Hier ist also die saugende Bewetterung besser.

Auch bei langen Querschlägen, in denen viel geschossen werden muß, wird häufig saugende Bewetterung vorgezogen, weil bei ihr die Sprenggase abgesaugt werden, während sie sich bei blasender Bewetterung über die ganze Querschlagslänge verteilen.

Im allgemeinen erscheint blasende Bewetterung zweckmäßiger; auch wird sie tatsächlich häufiger angewandt.

176. — Anwendung der Lutten für die Bewetterung mit Selbstzug. Die Luttenbewetterung mit Selbstzug besteht darin, daß in den vom Hauptventilator bewegten Wetterstrom als Wetterwege Luttenleitungen im Anschluß an Wettertüren eingeschaltet werden, die der Strom durchstreichen muß. Die Fig. 542 zeigt, auf wie verschiedene Weise zwei

gleichzeitig vorangetriebene Strecken, auch Überhauen oder Schächte bewettert werden können. Nach Fig. 542*a* und *b* wirkt die eine Lutte saugend und die andere blasend, nach Fig. 542*c* wirken beide Lutten blasend und nach Fig. 542*d* saugend. Nach den Figuren 542*e*—*h* ist für die beiden Streckenbetriebe gleichzeitig eine Teilung des Wetterstromes vorgenommen; außerdem ergeben sich auch hier wieder die Verschiedenheiten in der saugenden und blasenden Wirkung. Für die Wahl der einen oder anderen Anordnung ist häufig entscheidend, an welchem Punkte die Wettertüren namentlich mit Hinblick auf die Förderung am bequemsten aufzustellen sind. Wie man aus der Fig. 542 ersieht, stehen in dieser Beziehung alle Möglichkeiten offen.

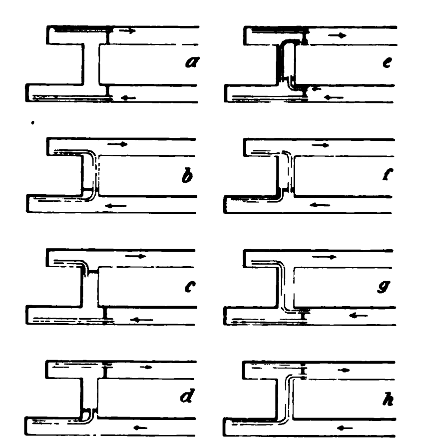


Fig. 542. Luttenbewetterung mit Selbstzug in verschiedener Anordnung.

Eine eigenartige Anwendung der Luttenbewetterung ist die von

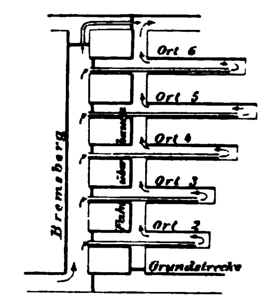


Fig. 543. Meißnersche Bewetterung von Abbaustrecken.

dem Geheimen Oberbergrat Meißner angegebene Bewetterung von Abbaustrecken, die ohne Durchhiebe ins Feld getrieben werden[1]) (Fig. 543). Der frische Strom steigt im Bremsberge hoch und verteilt sich von hier auf die einzelnen Abbaustrecken in ebenso viel Teilströmen, während die verbrauchten Wetter durch das Fahrüberhauen abziehen. Auch das obere Ende des Bremsberges wird durch eine besondere Lutte bewettert. Auf diese Weise stehen nach der Figur dem Strome 6 Parallelwege zur Verfügung, so daß kaum eine Drosselung eintritt. Außerdem bekommt jeder Betriebspunkt einen frischen Teilstrom, während sonst beim Auffahren von Abbaustrecken die oberen Betriebspunkte schon mehr oder weniger erwärmte und verschlechterte Wetter zu erhalten pflegen. Schließlich fällt auch der in anderen Fällen erforderliche, für die Förderung lästige Verschluß am Fuße des Bremsberges fort.

Ähnlich ist die in Fig. 544 dargestellte Bewetterung eines Systems von Abbaustrecken. Jedoch ist hier auf Durchhiebe nicht gänzlich verzichtet. Die Wettertüren werden vor jeden vorletzten Durchhieb gestellt und daran die Luttenleitungen angeschlossen, während die verbrauchten Wetter durch die letzten Durchhiebe nach oben abziehen. Bei dieser Art der Bewetterung hat man ebenfalls die Vorteile der weitgehenden Teilung

[1]) Ursprünglich geschah dies mit Wetterscheidern, nicht mit Lutten.

des Wetterstromes; die Abbaustrecken bilden aber nicht so lange Sackgassen, die im Falle eines Streckenbruches die Mannschaft gefährden, wie bei der ursprünglichen Meißnerschen Bewetterung.

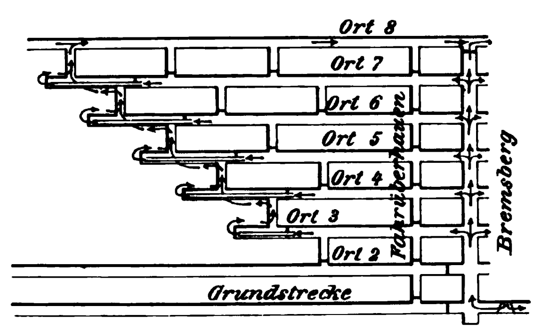


Fig. 544. Bewetterung von Abbaustrecken mit Lutten und Durchhieben.

4. Sonderbewetterung.

177. — Bewetterung mittels ausblasender Preßluft. Eine gewisse Sonderbewetterung ergibt sich bereits, wenn man aus den Preßluftleitungen zur Bewetterung eines Ortes Preßluft ausströmen läßt. Ein solches Verfahren kann wohl zur Unterstützung der gewöhnlichen Bewetterung sofort nach dem Schießen angebracht sein, damit die Belegschaft möglichst bald das Arbeitsort wieder betreten kann. Die dauernde Bewetterung durch Preßluft aber ist im höchsten Maße unwirtschaftlich und wird in ausreichender Weise in der Regel unmöglich sein. Läßt man nur 15 cbm minutlich ausblasen, so sind das stündlich 900 cbm, deren Verdichtung mittels des Kompressors auf 5 Atmosphären eine Arbeitsleistung von 90 bis 100 PS. erfordert.

178. — Wesen und Anordnung der Sonderbewetterung. Die übliche Art der Sonderbewetterung bedient sich der Lutten. Der Wetterzug in diesen wird aber nicht wie bei der Luttenbewetterung mit Selbstzug durch die in der Grube herrschenden Druckverhältnisse, also nicht durch den Hauptventilator, sondern durch örtliche, mechanische Mittel erzeugt.

Aus dem Hauptwetterstrome schaltet man einzelne, in der Regel mit schwierigen Widerstandsverhältnissen behaftete Teile aus, indem man für diese einen besonderen Antrieb schafft.

Man kann zum Vergleiche etwa die Verhältnisse eines Flusses heranziehen, der ein benachbartes Wiesengelände bewässern soll. Zwei Wege kann man hierfür einschlagen: Entweder staut man den Fluß selbst bis zu einer Höhe an, daß er die Wiesen überschwemmt, oder aber man hebt durch ein besonderes Pumpwerk nur so viel Wasser aus dem Flusse auf die Höhe der zu bewässernden Grundstücke, wie gebraucht wird. Auch im Falle der Grubenbewetterung kann man die Depression oder Kompression soweit steigern, daß alle Teile des Grubengebäudes vom Hauptstrome bewettert werden. Häufig ist es aber richtiger, den gesamten Wetterstrom nicht anzustauen, sondern statt dessen für einen geringen Teil des Stromes

den Unter- oder Überdruck künstlich zu erhöhen, indem man gleichsam als Pumpwerke die Sonderbewetterungseinrichtungen einbaut.

Da man hierbei keiner Stauwerke bedarf, entfällt die Notwendigkeit, Wetterdämme und Wettertüren vorzusehen, wie sie bei der Luttenbewetterung mit Selbstzug unbedingt notwendig sind. Nur dafür muß man Vorsorge treffen, daß die aus dem zu bewetternden Orte abströmenden Wetter sich nicht im Kreislaufe mit der von der Luttenleitung angesaugten Luft mischen können. Die Ansaugestelle muß im frischen Strome — genügend weit vor dem Austritt der verbrauchten Wetter — liegen (Fig. 545).

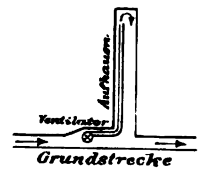


Fig. 545. Anschluß der Sonderbewetterung an den Hauptstrom.

Daß durch die Sonderbewetterung der Wetterstrom verkürzt und entlastet wird, ist auch bereits auf S. 547 gesagt und durch Fig. 515 veranschaulicht.

Als Antriebskräfte für die Sonderbewetterung benutzt man Druckwasser, Preßluft, Elektrizität oder Menschenkraft, als Mittel für die Erzeugung der Wetterbewegung selbst Strahldüsen oder Ventilatoren.

179. — Strahldüsen. Ausgezeichnet durch Einfachheit und Billigkeit sind die Strahldüsen für Druckwasser- und Preßluftbetrieb (Fig. 546). Seit Einführung der Berieselung sind namentlich die Wasserstrahldüsen zu einem ganz allgemein gebrauchten Hilfsmittel für die Sonderbewetterung geworden. Die Düsenöffnung ist je nach der gewünschten Stärke des Wasserstrahles und dem zur Verfügung stehenden Drucke 1—3 mm weit. — Empfehlenswert sind die das Wasser zerstäubenden Streudüsen der Westfalia A.-G. zu Gelsenkirchen (Fig. 547). Bei Preßluftstrahldüsen erhält die Öffnung eine Weite bis zu 5 mm.

Fig. 546. Strahldüse in einer Lutte.

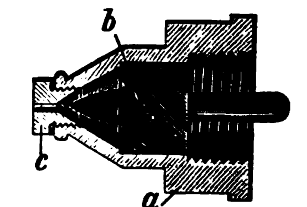


Fig. 547. Westfalia-Streudüse.

Der Wirkungsgrad der Strahldüsen ist allerdings gering und wird kaum mehr als 10—15 $^0/_0$ betragen. Dafür sprechen aber Anlage- und Unterhaltungskosten überhaupt nicht mit. Die erzielbaren Depressionen oder Kompressionen betragen in Lutten von 300—400 mm Durchmesser 10—20 mm Wassersäule. Mit 1 cbm Preßluft von 5 Atmosphären kann man auf mittlere Entfernungen ungefähr 8—12 cbm Wetter bis vor Ort befördern, so daß man eine etwa 10fach bessere Bewetterung als durch unmittelbare Ausströmung der Preßluft erreicht.

Um bei längeren Leitungen größere Über- oder Unterdrücke erzeugen zu können, kann man sich besonders hergestellter Strahlgebläse von Gebrüder Körting zu Hannover oder Würfel & Neuhaus zu Bochum bedienen, bei denen durch den Einbau von Leitdüsen eine Wirbelbildung der mitgerissenen Luft vermieden werden soll (siehe auch Fig. 497 auf

S. 529). Statt dessen pflegt es einfacher zu sein, in gewissen Abständen voneinander mehrere gewöhnliche Strahldüsen in die Luttenleitung einzubauen. Auf diese Weise gelingt es häufig, mit einfachen Düsen die erforderliche Wettermenge 1000 m und weiter durch die Luttenleitung zu treiben. Dabei kann man sich, wenn die Lutten nicht dicht sind, allerdings leicht über die tatsächlich bis vor Ort gebrachte Menge frischer Wetter täuschen.

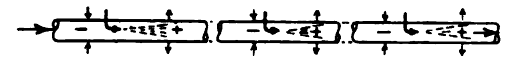


Fig. 548. Wirkung mehrerer Strahldüsen in einer langen Luttenleitung.

Eine jede Düse erzeugt in der Leitung vor sich einen Über- und hinter sich einen Unterdruck (Fig. 548). In denjenigen Teilen der Leitung, wo Überdruck herrscht, wird durch etwaige Undichtigkeiten der Luttenverbindungen Luft nach außen treten, während die Leitung da, wo Unterdruck vorhanden ist, Luft aus der Strecke ansaugen wird.

Auf diese Weise kann also eine der Luftmenge nach reichlich erscheinende Bewetterung wegen der Beschaffenheit der Wetter unzulänglich sein, da je nach der Größe der vorhandenen Undichtigkeiten mehr oder weniger große Mengen bereits verbrauchter Wetter wieder vor Ort gelangen können.

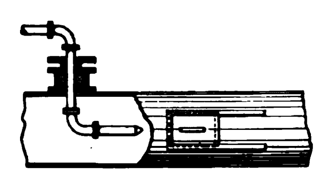


Fig. 549. Zweckmäßige Verlagerung des Strahlrohres in der Luttenleitung.

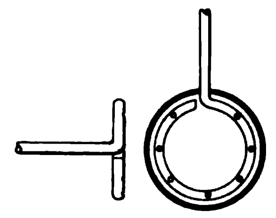


Fig. 550. Ringdüse.

Die Wirksamkeit des Düsenapparates hängt sehr davon ab, daß der Strahl genau in der Luttenmitte und parallel zu den Luttenwänden austritt. Auf eine sorgsame Verlagerung des Strahlrohres an der Eintrittsstelle in die Luttenleitung, auf eine gute Abdichtung und die Möglichkeit einer bequemen Beobachtung ist deshalb zu achten. Fig. 549 zeigt eine empfehlenswerte Bauart, deren Einzelheiten ohne weiteres verständlich sind.

Es gibt auch mehrstrahlige Düsenapparate, von denen nur die auf Zeche Kaiserstuhl gebrauchte Ringdüse (Fig. 550) genannt sein mag. Die einzelnen Strahlen erhalten eine etwas nach der Mitte geneigte Richtung. Der Wasserverbrauch ist größer und die Wirkung kräftiger als bei der einfachen Strahldüse.

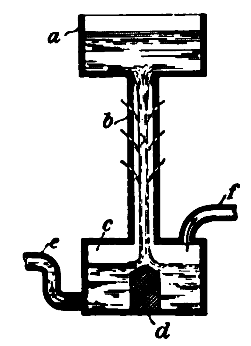


Fig. 551. Wassertrommel.

180. — Wassertrommel. Einem Strahlapparate teilweise in der Wirkung ähnlich ist die sog. Wassertrommel, die aber nur bei Vorhandensein eines entsprechend hohen Wassergefälles

anwendbar ist. Aus einem Sammelbehälter *a* (Fig. 551) stürzt das Wasser durch eine senkrechte Luttenleitung *b* mit seitlichen Durchbohrungen in den geschlossenen Behälter *c* und reißt in diesen, da das Wasser beim Fallen eine wachsende Geschwindigkeit anzunehmen bestrebt ist, Luft mit, die durch die seitlichen Öffnungen der Leitung *b* angesaugt wird. Das Wasser fließt unten aus dem Behälter *c* durch ein zunächst etwas aufwärts geführtes Rohr *e* ab, während die Ableitung der unter einem gewissen Überdruck befindlichen Luft durch Rohr *f* erfolgt.

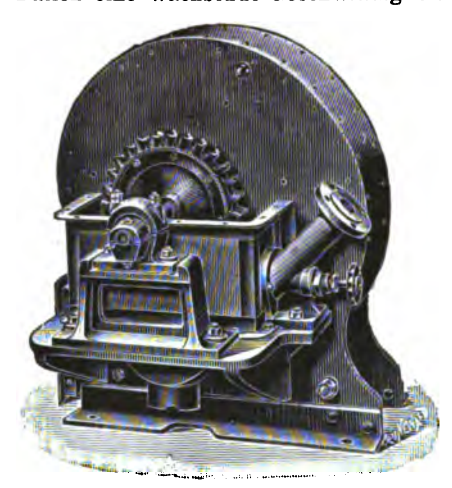


Fig. 552. Ventilator für Sonderbewetterung mit Peltonrad von Frölich & Klüpfel.

Solche Vorrichtungen werden wegen ihres schlechten Wirkungsgrades und der umständlichen Bauart kaum noch gebaut. Es ist aber bemerkenswert, daß man neuerdings ähnliche Vorrichtungen für Erzeugung von Preßluft an Stellen benutzt, wo billige Wasserkräfte zur Verfügung stehen.

181. — Ventilatoren. In der Anlage teurer, im Wirkungsgrade und in der Leistungsfähigkeit besser als die Strahldüsen sind die Flügelventilatoren, die mit Hand, mit Druckwasser, Preßluft oder Elektrizität angetrieben werden können. Diese Ventilatoren sind nach Art der bereits besprochenen Zentrifugalventilatoren gebaut, und es gelten für sie die

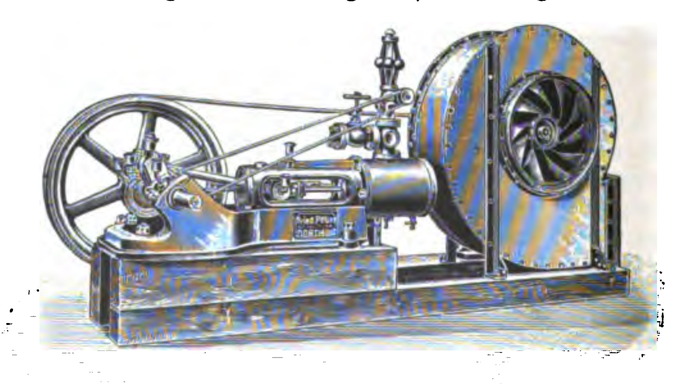


Fig. 553. Ventilator für Sonderbewetterung mit Preßluft-Zylindermaschine von Fr. Pelzer.

gleichen Gesetze und Regeln. Der gesamte Wirkungsgrad wird auf etwa 30—50 $^0/_0$ einzuschätzen sein. 1 cbm Preßluft, zum Antrieb eines Ventilators verwandt, kann etwa 25—60 cbm Wetter auf mittlere Entfernungen vor Ort blasen. Die von solchen Ventilatoren erzeugten Unter- oder Überdrücke steigen bis 100 mm Wassersäule und darüber.

Der Antrieb des Ventilators mit Hand ist teuer und unzuverlässig und sollte nur unter Bedingungen, die eine regelmäßige Bedienung möglichst sicher stellen, gestattet werden.

Hat man Druckwasser zur Verfügung, so verwendet man zum Antriebe kleine Turbinen oder Peltonräder. Für Preßluft gebraucht man kleine Zylindermaschinen, wo ein elektrisches Stromnetz vorhanden ist, Elektromotoren. Der Tourenzahl des Ventilators mit etwa 750—1000 in der Minute passen sich am besten Elektromotoren und Turbinen oder Peltonräder an. Die Umdrehungszahl einer Preßluftzylindermaschine mit 200—300 minutlich pflegt für den Ventilator zu niedrig zu sein, so daß man gewöhnlich Kraftübertragungen ins Schnelle anwendet.

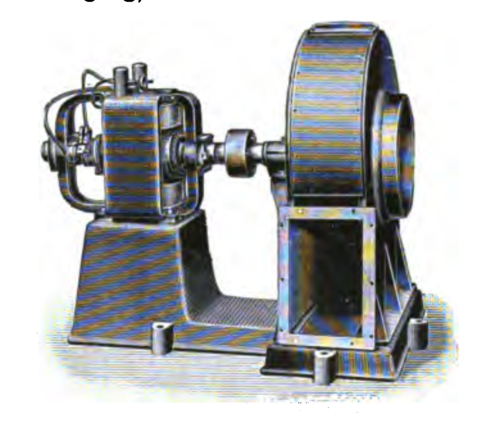


Fig. 554. Ventilator für Sonderbewetterung mit Elektromotor von Dinnendahl.

Die Figuren 552 bis 554 zeigen in der Ansicht den verschiedenen Antrieb von Sonderventilatoren.

182. — Schlußbetrachtung über die Sonderbewetterung. Die Sonderbewetterung hat in den letzten Jahren außerordentlich an Boden gewonnen und wurde namentlich durch die Einführung der Berieselung wie durch die immer allgemeiner werdende Verwendung der Preßluft im Grubenbetriebe begünstigt. Druckwasser aus dem Berieselungsnetze und Preßluft sind die hauptsächlichsten Betriebsmittel für die Sonderbewetterung geworden. Wo das eine oder andere vorhanden ist, wird die Sonderbewetterung gewöhnlich am billigsten zu stehen kommen.

Uthemann[1]) hat berechnet, daß die Betriebs- und Unterhaltungskosten einer Luttenbewetterung auf Grube Reden bei Saarbrücken 1 m der aufzufahrenden Strecke bei angeschlossenem Sonderventilator mit durchschnittlich 4 M., bei Verwendung einer Strahldüse mit Druckwasserbetrieb mit durchschnittlich nur 2 M. belasteten, während er den Betrieb mit Wetterscheidern auf rund 10 M. und den Parallelstreckenbetrieb auf 10—30 M. veranschlagt. Die Sonderbewetterung erleichtert die Hauptbewetterung der Grube und entlastet den Ventilator. Dabei vermeidet sie die Nachteile, die dem Parallelstreckenbetriebe anhaften, beschleunigt insbesondere den Ortsbetrieb und führt schneller und sicherer zum Ziele. Außerdem ist sie nicht wie die Luttenbewetterung mit Selbstzug von den die Förderung behindernden Wettertüren abhängig.

5. Besondere Hilfsmittel bei der Bewetterung der Betriebe.

183. — Einzelne Anordnungen. Zur Beschleunigung des Wetterzuges läßt man wohl in der Strecke Preßluft- oder Druckwasserstrahl-

---

[1]) Bericht über den VI. Allgem. Deutschen Bergmannstag, 1895.

düsen unmittelbar in der Stromrichtung ausblasen. Man sucht auch die Strahlwirkung dadurch zu erhöhen, daß man den Luft- oder Wasserstrahl nicht frei in der Strecke, sondern in einer darin aufgehängten Lutte wirken läßt (Fig. 555). Die Nutzwirkung solcher Mittel wird freilich nur gering sein. Immerhin können sie bei einmal vorhandenen Einrichtungen über Schwierigkeiten hinweghelfen und vielleicht die Erreichung eines Durchschlages ermöglichen.

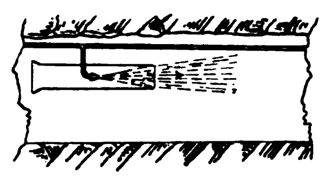


Fig. 555. Beschleunigung des Wetterzuges durch Strahldüse mit Lutte.

Bei lebhaftem Wetterzuge in einer Strecke kann man Abzweigungen von dieser manchmal dadurch bewettern, daß man die Stoßkraft des Wetterstromes ausnutzt. Man kann z. B. nach Fig. 556 die Zweigstrecke mit Wetterscheider versehen und eine anschließende Zunge derart in die Hauptstrecke einbauen, daß die Wetter davor stoßen. Hierdurch kann man leicht eine ausreichende Bewetterung der

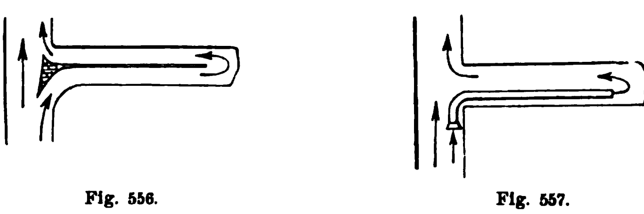


Fig. 556. Fig. 557.
Ausnutzung der Stoßkraft des Wetterstromes.

Zweigstrecke erreichen, ohne daß die Förderung in der Hauptstrecke durch Einbauen von Wettertüren behindert wird. Ganz ähnlich in der Wirkung verhält sich eine in die Zweigstrecke eingebaute Luttenleitung, deren umgebogenes Endstück dem Wetterstrom in der Hauptstrecke entgegengerichtet ist (Fig. 557).

VI. Das tragbare Geleuchte des Bergmanns.[1])

Offene Lampen.

184. — Öllampen. Auf schlagwetterfreien Gruben stand früher fast ausschließlich die offene Rüböllampe in Anwendung. Das Öl wird entweder rein oder mit Petroleum bis höchstens zur Hälfte gemischt angewandt. Ein größerer Petroleumzusatz, der mit Rücksicht auf die Kosten (Rüböl kostet etwa 4 mal so viel als Petroleum) erwünscht wäre, läßt die Flamme stark rußen. Aus diesem Grunde ist auch der Brand reinen Petroleums bei offenen Lampen nicht angängig.

Die Figuren 558 und 559 zeigen die gewöhnlichsten Formen der offenen Öllampe.

[1]) Die tragbaren elektrischen Lampen werden in dem II. Bande dieses Werkes in dem Abschnitte über Grubenbrand, Not- und Rettungsarbeiten besprochen werden.

Die Leuchtkraft solch
lampen zeichnen sich durch

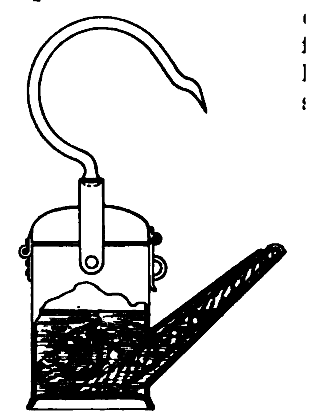


Fig. 558. Offene Öllampe.

185. — Azetylenlam
auf schlagwetterfreien Gr
bei denen das Azetylen in
Azetylen ($C_2 H_2$) ist e
karbid unter Wärmeentwic
der Bildung verläuft nach

$$Ca\,C_2 + 2$$

Die Billigkeit der H
machen das Azetylen für
Kosten für Karbid betra
Ölbrandes, dabei ist die I
als die der Öllampe einzu
der Azetylenlampen höher,
wachung und Instandhaltu
Die Azetylenflamme
nicht in allen Fällen als V
der Lampe werden unter U
auszuharren, die bereits f
Azetylenlampe warnt also
Benzinlampen, so daß V
geschlossen erscheinen. G
Gebrauche elektrischer Lan
für Warnzwecke noch eine
Ein zweifelloser Vorteil i
haupt schwer verlöschen
widerstehen.

186. — Lampe vo
unter anderen von Friema
Koch zu Linden a. d. F
mehr oder weniger ähnlic

Bauart und Wirkungsweise mögen an der Seippelschen Lampe erläutert werden (Fig. 560). Der Lampentopf dient zur Aufnahme des zu einer Patrone zusammengepreßten Kalziumkarbids *K* und des ringförmigen Wasserbehälters *A*. Der untere Teil *B* des Topfes bildet den Gaserzeugungsraum. Die Verschlußschraube *H* hält den Deckel des Topfes und verbindet so dessen einzelne Teile. *J* ist der Brenner und *R* der Reflektor. Die Erzeugung des Gases in der Lampe erfolgt nach dem Tropfsystem. Der vom Drahtnetze *F* umgebene, untere Behälteransatz ist mit einer sehr kleinen Öffnung für den Durchtritt des Wassers versehen. Um dieses auf die Karbidpatrone *K* zu verteilen, gelangen die Wassertropfen auf das gelochte Blech *C*, von dem sie je nach der Stellung der Lampe nach verschiedenen Seiten ablaufen. Das entwickelte Gas steigt durch das Blech *C* in dem Inneren des vom Behälter *A* gebildeten Ringraumes empor und gelangt auf dem aus der Figur ersichtlichen Wege zum Brenner *J*, wobei der Gaszufluß durch die Schraube *E* geregelt werden kann. Aus dem oberen Teile des Wasserbehälters führt ein Röhrchen *P* ins Freie, dessen Anordnung näher aus Fig. 583 auf S. 584 ersichtlich ist. Bei geöffnetem Brenner kann Wasser unter dem durch seine Höhe bedingten Drucke in den Patronenraum ausfließen. Es geht dies aber nur in einem langsamen Abtropfen vor sich. Wird die Gasentwickelung allmählich zu stark, so kann das Azetylen durch die enge Brenneröffnung nicht genügend entweichen, und es entsteht im Karbidraum ein Überdruck, der das Austropfen des Wassers verlangsamt und, wenn er gleich oder größer als der Druck der über dem Boden stehenden Wassersäule wird, gänzlich behindert. Mit der Verringerung des Wasserzuflusses nimmt auch die Azetylenerzeugung ab, so daß sich auf diese Weise die Gasentwickelung selbsttätig regelt.

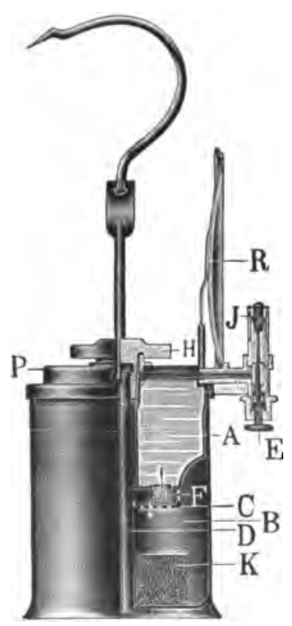


Fig. 560. Offene Azetylenlampe von Seippel.

Stellt man den Gasausfluß aus dem Brenner durch Drehung der Schraube *E* ganz ab, so dringt das überschüssige Gas durch die Bodenöffnung des Wasserbehälters, steigt im Wasser auf und entweicht durch die Öffnung des Röhrchens *P* ins Freie. Hier macht sich das Gas durch seinen Geruch unangenehm bemerkbar. Da aber nach dem Schließen des Gasventils kein Wasser mehr in den Karbidraum eintropft, läßt die Gasentwickelung bald nach. Sonstige Ventile oder Hähne sind an der Lampe nicht vorhanden.

Sicherheitslampen.

187. — Geschichtliches. Im Jahre 1816 machte der Engländer Davy die Beobachtung, daß eine Gasflamme durch ein darüber gehaltenes,

enges Drahtsieb nicht hindurchschlägt, selbst wenn brennbare Gase oberhalb desselben vorhanden sind. Der Grund für die Erscheinung liegt darin, daß das Sieb die Flamme soweit abkühlt, daß die hindurchtretenden Verbrennungsgase die zur Entzündung der oberhalb befindlichen Gase erforderliche Temperatur nicht mehr besitzen. Aus der Beobachtung folgte die Erfindung der Sicherheitslampe.

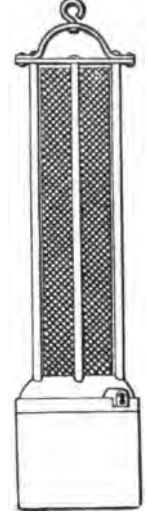


Fig. 561. Davy-Lampe.

Die erste von Davy hergestellte Lampe war sehr einfach. Auf den Öltopf wurde ein zylindrischer, oben geschlossener Drahtkorb gesetzt, der von dem unteren Ringe eines darüber gestülpten Gestells gehalten und durch die seitlichen Gestellstangen und den Deckel gegen äußere Beschädigungen bis zu einem gewissen Grade geschützt wurde (Fig. 561). Die Sicherheit der neuen Lampe gegen Schlagwetter wurde zunächst stark überschätzt. Bald zeigte sich, daß die Zahl der Schlagwetterexplosionen auf den englischen Gruben nach der Einführung der angeblichen Sicherheitslampe sogar noch zugenommen hatte. Man mußte einsehen lernen, daß von einer wirklichen Sicherheit der Lampen nicht die Rede sein konnte. Sicher war die Lampe nur in ruhenden oder mäßig bewegten Schlagwettern. Sobald aber die Gase mit einer Geschwindigkeit von nur 1,7 m sekundlich über die Lampe zogen oder die Lampe selbst mit solcher Geschwindigkeit durch die Wetter bewegt wurde, konnte eine Zündung der Schlagwetter durch das Drahtnetz hindurch erfolgen.

Die Davy-Lampe hatte ferner den Nachteil einer sehr geringen Leuchtkraft. Der Drahtkorb ließ schon in reinem Zustande nur etwa 30 $^0/_0$ des Lampenlichtes durch, während 70 $^0/_0$ verloren gingen. Bei verstaubten und verschmutzten Lampen waren die Lichtverluste noch größer.

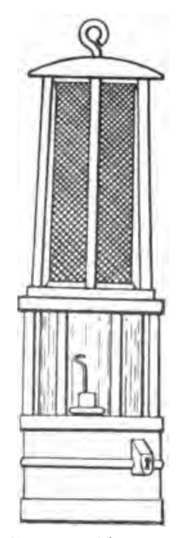


Fig. 562. Clanny- oder Boty-Lampe.

Eine wesentliche Verbesserung war deshalb die zuerst ebenfalls in England eingeführte Einschaltung eines Glaszylinders zwischen Öltopf und Drahtkorb. Die Leuchtkraft stieg auf das Doppelte bis Dreifache. Auch die Sicherheit wuchs, weil die Flamme wegen des Glasschutzes nicht mehr bei jedem Luftzuge unmittelbar gegen und durch das Drahtgewebe schlagen konnte. Die aus Öltopf, Glaszylinder und Drahtkorb bestehende Lampe ist unter dem Namen Clanny- oder Boty-Lampe bekannt (Fig. 562) und behielt ihre Grundform bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts bei.

Auch dieser Lampe hafteten noch manche Übelstände an. Da eine Ölflamme stark rußt, verschmutzte beim Brennen allmählich das Drahtgewebe und dessen Öffnungen wurden kleiner. Hierdurch wurde die Leuchtkraft derart beeinträchtigt, daß sie am Schlusse der Schicht nur noch etwa die Hälfte

der ursprünglichen betrug. Ferner besaß die Lampe keine innere Zündvorrichtung. Der Bergmann kam deshalb bei etwaigem Erlöschen der Flamme leicht in die Versuchung, die Lampe am Arbeitsorte selbst zu öffnen und mittels Feuerzeugs zu entzünden. Um dies zu verhindern, wurden die Lampen der Belegschaft in verschlossenem Zustande übergeben. Aber man kannte einen wirklich zuverlässigen Verschluß nicht. Bei Verwendung von Schlössern wurden binnen kurzem Nachschlüssel seitens der Bergleute gefertigt und in Gebrauch genommen. Selbst Bleiplomben (Fig. 563), die ja die verbotswidrige Öffnung nicht verhindern können, sondern nur offensichtlich machen sollen, boten wenig Schutz. Die Ausrede, durch einen Schlag mit der Keilhaue die Plombe verletzt zu haben, lag nahe. Auch waren die Plomben und selbst Plombierzangen leicht zu beschaffende Dinge.

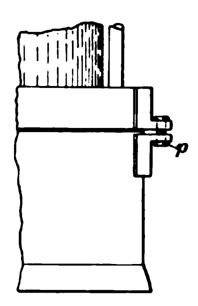


Fig. 563. Bleiplombenverschluß.

Alle vorstehend benannten Übelstände wurden durch die Wolfsche Lampe behoben. Wolf (Zwickau), der zunächst nur ein einfacher Mechaniker war, dabei aber ein Mann von großer Erfindungsgabe und seltenem technischem Scharfblick ist, führte bei seinen Lampen Benzinbrand ein, brachte die innere Zündvorrichtung an und versah die Lampen mit einem Magnetverschluß. Diese Änderungen schafften gleichsam eine neue Lampe, deren Vorzüge jetzt von allen Seiten anerkannt werden. Die Firma Friemann & Wolf zu Zwickau, die sich allmählich zur bedeutendsten Sicherheitslampenfabrik der ganzen Welt emporgeschwungen hat, baute zuerst als einzige die Wolfschen Lampen. Seit Ablauf der grundlegenden Patente werden Benzin-Sicherheitslampen mit innerer Zündung und Magnetverschluß aber auch von allen anderen Lampenfirmen hergestellt.

188. — Vorzüge und Nachteile des Benzinbrandes. Die anfänglich gegen den Benzinbrand geltend gemachten Bedenken haben sich nicht als stichhaltig erwiesen; insbesondere bietet die Benzinlampe, wie alle Versuche gezeigt haben, die gleiche Schlagwettersicherheit wie die Öllampe. Auch entsteht durch das Vorhandensein von Benzin in der Lampe keinerlei Explosions- oder Feuersgefahr, da dieses nicht in flüssigem, sondern in gebundenem Zustande sich befindet. Der Lampentopf ist nämlich mit Watte gefüllt, und es darf nur soviel Benzin in die Lampe gelangen, daß es vollständig von der Watte aufgesaugt wird. Eine ordnungsmäßig gefüllte Lampe muß man umkehren können, ohne daß Benzin aus dem Topfe fließt.

Die zum Teil bereits angedeuteten Vorzüge des Benzinbrandes bestehen hauptsächlich darin, daß das Benzin ein helleres Licht als Öl ausstrahlt und die gute Leuchtkraft wegen der Rußfreiheit der Flamme annähernd bis zum Schlusse der Schicht erhalten bleibt. Die Leuchtkraft einer gut gereinigten, hell brennenden Benzinlampe[1]) beträgt etwa 0,85

[1]) Eine offene Grubenlampe liefert etwa 1,40 und eine Davylampe 0,20 Normalkerzen.

bis 0,95 Normalkerzen gegenüber 0,75—0,85 Normalkerzen, die eine Öllampe liefert. Bei der Öllampe geht im Laufe der Schicht aber die Leuchtkraft auf 0,40—0,50 zurück, während sie bei den Benzinlampen, falls nicht äußere Verschmutzung hinzukommt, nur ganz unbedeutend sinkt.

Die Kosten des Leuchtmaterials sind bei Benzinbrand etwas höher als bei Ölbrand und betragen für die Schicht rund 2 Pf. gegenüber 1,75 Pf. bei Verwendung von Öl.

Benzinbrand kommt auch insofern teurer, als bei ihm der Verbrauch an Glaszylindern größer ist. Benzinlampen erhitzen sich nämlich stärker als Öllampen, und demzufolge springen die Zylinder leichter. Die durchschnittliche Lebensdauer eines Lampenglases ist bei Benzinlampen nach den Feststellungen des Sammelwerkes 18,4, bei Öllampen 34,7 Arbeitsschichten.

Eine höhere Schlagwettergefahr ist aus dem leichteren Springen des Glases für Benzinlampen nicht ohne weiteres zu folgern, weil in der Regel kein Zerbrechen und Auseinanderfallen des Glaszylinders, sondern nur ein einfaches Springen stattfindet. Der Glaszylinder pflegt bis zum Schlusse der Schicht seinen schlagwettersicheren Zusammenhalt zu bewahren. Jedoch ist die sorgfältige Beobachtung eines etwa gesprungenen Glases erforderlich.

Ein Nachteil der Benzinlampen ist, daß sie leichter als Öllampen erlöschen. Namentlich geschieht dies häufig infolge des Knalls der Schüsse. Dem Übelstande des leichteren Erlöschens steht der gewichtige Vorteil der leichten Entzündbarkeit gegenüber. Die innere Zündvorrichtung wirkt in befriedigender Weise sicher nur bei Benzinlampen, während ihre Wirksamkeit bei Öllampen immerhin zu wünschen übrig läßt.



Fig. 564. Wolfsche Benzin-Sicherheitslampe.

189. — Einrichtung der Benzin-Sicherheitslampe. Die Hauptteile der Wolfschen Lampe, die als Grundform für alle Benzin-Sicherheitslampen gelten kann, sind Topf, Glaszylinder, Drahtkorb und Gestell. Durch Verschrauben des unteren Gestellringes mit dem oberen Rande des Topfes werden die Teile in der

aus Fig. 564 ersichtlichen Weise miteinander verbunden und nicht nur fest, sondern auch dicht zusammengehalten. Den Abschluß der Lampe nach oben bildet der Gestelldeckel, an dem der Haken befestigt ist. Am Topfe ist die Zündvorrichtung (in der Figur links vom Dochte) und die Stellschraube zum Groß- und Kleinstellen der Flamme (rechts hinter dem Dochte) angebracht.

Der vorspringende Fußrand des jetzt meistens aus gestanztem Stahlbleche (früher gewöhnlich aus Temperguß) gefertigten Topfes schützt den Topf sowohl wie die unten herausragende Stellschraube und den Betätigungsgriff der Zündvorrichtung vor Beschädigungen. Der Magnetverschluß, der in der Figur nicht dargestellt ist, hindert das Losdrehen der den Lampentopf mit dem Gestellring verbindenden Verschraubung.

Der Innenraum des Topfes ist mit Watte, die zum Aufsaugen des Benzins dient, angefüllt. Der Docht leitet das Benzin zur Flamme.

Der aus gewöhnlichem hellem, jedoch sorgfältig gekühltem Glase bestehende Glaszylinder muß genau parallele und rechtwinklig zur Achse der Lampe abgeschnittene Ränder besitzen, damit ein dichter Anschluß an die übrigen Lampenteile möglich ist. Es ist dies für die Sicherheit der Lampe von Bedeutung. Der Glaszylinder verschluckt in reinem Zustande nur etwa 2—6 % des von der Flamme ausgesandten Lichtes.

190. — Der Drahtkorb. Ausschlaggebend für die Schlagwettersicherheit der Lampe ist der Drahtkorb. Das Drahtnetz erfüllt seinen Zweck um so besser, je mehr Wärme es aufnehmen kann und je schneller es sie fortzuleiten vermag. Es soll deshalb die Drahtnetzoberfläche im Verhältnis zum Fassungsraum des Lampeninneren möglichst groß sein. Im übrigen ist ein Drahtnetz um so durchschlagsicherer, je größer die Maschenzahl auf 1 qcm, je dicker der Draht und je kleiner der gesamte Lochquerschnitt ist. Die Maschenzahl auf die Flächeneinheit, die Drahtdicke und der freie Lochquerschnitt sind aber gegenseitig voneinander abhängige Größen, so daß nicht allen dreien zugleich Rechnung getragen werden kann. Auch darf man mit Rücksicht auf die Haltbarkeit des Gewebes unter eine bestimmte Drahtstärke nicht herabgehen. Schließlich verlangt die Leuchtkraft der Lampe, daß das Drahtsieb eine gute Luftdurchlässigkeit behält, also der freie Lochquerschnitt tunlichst groß bleibt. Nur durch praktische Versuche kann man deshalb das günstigste Verhältnis finden.

Man ist zu dem Ergebnis gelangt, daß schwach konische Korbformen von etwa 40—50 mm unterer Weite und 88—94 mm Höhe und Drahtgewebe von 144 Maschen auf 1 qcm und 0,3—0,4 mm Drahtdicke den Erfordernissen der Schlagwettersicherheit, Haltbarkeit und Leuchtkraft am besten entsprechen und deshalb den anderen Korbformen und Gewebearten vorzuziehen sind.

Das Material der Drahtkörbe ist Eisen- oder Messingdraht. Eisendrahtgewebe ist, was die Standfestigkeit und Widerstandsfähigkeit unter der Einwirkung der Schlagwetterflamme betrifft, dem Messingdrahtgewebe überlegen. Dieses hinwiederum beeinträchtigt die Leuchtkraft weniger, rostet nicht und ist in Gruben mit saurem oder salzigem Wasser haltbarer.

Für Lampen mit einfachem Korbe sollte man stets Eisendrahtgewebe gebrauchen. Bei Doppelkörben (siehe Ziff. 197) kann es angebracht sein, als Außenkorb Messinggewebe und für den Innenkorb Eisendraht zu wählen, um so die Vorzüge beider Gewebearten auszunutzen.

Bei älteren Sicherheitslampen sind gelegentlich auch gelochte Bleche als Schlagwetterschutz benutzt worden (siehe Fig. 575 auf S. 579). Derartige Bleche sind aber einem guten Drahtgewebe in keinem Falle gleichwertig, weil eine gleiche Durchlässigkeit bei gleich großer wirksamer Oberfläche nicht erreichbar ist.

191. — Innere Zündvorrichtung im allgemeinen. Die innere Zündvorrichtung, mittels deren die Lampe nach etwaigem Erlöschen im verschlossenen Zustande wieder entzündet werden kann, hat sich als eine überaus nützliche und segensreiche Erfindung erwiesen. Sie ist jetzt für Sicherheitslampen bergpolizeilich vorgeschrieben.

Je nach der Art der zur Verwendung kommenden Zündstreifen kann man unterscheiden:

1. die Phosphorbandzündung,
2. die Explosionspillenzündung.

Nach der Art der Betätigung kann man die Zündvorrichtungen in Reib- und Schlagzündungen einteilen. Die Phosphorbandzündungen sind stets Reibzündungen, während die Zündung der Explosionspillen sowohl durch Reib- als auch durch Schlagzündung erfolgen kann. Die Einteilung nach der Art der Zündstreifen ist die wichtigere. Die bei den Phosphorbandzündungen verwendeten Zündpillen bestehen in der Hauptsache aus gelbem Phosphor und sind auf schmale, mit einer Paraffinmasse überzogene Leinwandstreifen aufgeklebt. Durch die mittels der Zündvorrichtung erzeugte Reibung kommt der Phosphor zur Entzündung, der sodann den paraffinierten Leinwandstreifen selbst ins Brennen bringt. Die Flamme reicht für die Entzündung nicht nur von Benzin-, sondern auch von Öllampen aus.

Bei den Zündstreifen mit Explosionspillen sind auf ein schmales Papierband von einer gewissen Steifigkeit in gewissen Abständen voneinander Pillen aus einer Explosionsmasse (chlorsaures Kali mit einer Beimischung) geklebt, die durch Reibung oder Schlag unter Flammenerscheinung explodieren. Der Papierstreifen selbst verbrennt hierbei nicht. Die kurze Explosionsflamme vermag wohl das leicht entzündliche Benzin zu entflammen, kann aber nicht die schwerer zu entzündende Öllampe in Brand setzen.

Die Zahl der verschiedenen, bisher eingeführten Zündvorrichtungen ist außerordentlich groß. Noch viel größer ist die Zahl der Vorschläge und der auf Zündvorrichtungen genommenen Patente und Gebrauchsmuster. Hier sollen nur die bekanntesten Ausführungen kurz erwähnt werden.

192. — Einzelbesprechung verschiedener Zündvorrichtungen. Bei der Wolfschen Reibzündvorrichtung für Phosphorbandzündungen (Fig. 565) wird der in einem Stahlblechkasten *a* befindliche Zündstreifen zwischen einer festen zweireihigen Zahnstange *b* und einem dreizinkigen Anreißer *c* hindurchgeführt. Infolge der nach oben gerichteten Zähne der Zahnstange

wird der Zündstreifen beim Abwärtsziehen des Anreißers mittels der Griffstange *d* in der höchsten Stellung festgehalten. Hierbei entzündet sich durch die Reibung der krallenartigen Zinken die Zündpille, und bei der Aufwärtsbewegung der Stange *d* und des Anreißers *c* wird der brennende Zündstreifen mit nach oben genommen.

Bei der Seippelschen Reibzündung für Explosionspillenstreifen (Fig. 566) wird die auf den Stift *b* aufgewickelte Zündrolle mittels der Triebwelle *c* zwischen der Ritzfeder *f* und einem Widerlager *e* hindurchgezogen. Die Reibung der Feder bringt die einzelnen Zündpillen zur Explosion. Eine in der Figur nicht dargestellte Schutzhaube soll etwa fortgeschleuderte Pillenteilchen soweit möglich auffangen, die Explosionsflamme zusammenhalten und zum Lampendochte leiten. Diese Zündvorrichtung liegt dem Lampentopfe flach auf, während eine ähnliche Wolfsche Reibzündung (Fig. 567) hochstehend in den Topf eingebaut ist.

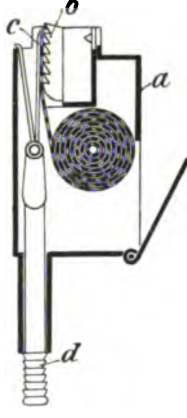


Fig. 565. Wolfsche Reibzündvorrichtung für Phosphorbandzündstreifen.

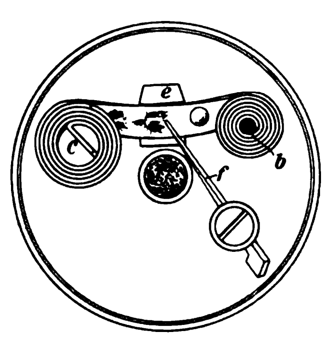


Fig. 566. Seippelsche Reibzündvorrichtung für Explosionspillenstreifen.


Fig. 567. Wolfsche Explosionspillen-Reibzündung.

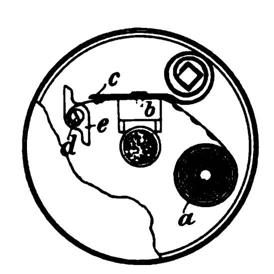


Fig. 568. Wienpahlsche Schlagzündung für Explosionspillenstreifen.

Die Wienpahlsche Schlagzündung (Fig. 568) liegt gleichfalls flach dem Topfe auf. Das auf die Welle *a* gewickelte Zündband wird durch die Triebwelle *d* fortbewegt. Auf Welle *d* sitzt ein scharfkantiger Flügel *e*, der bei der Umdrehung den Zündstreifen faßt, die Schlagfeder *c* anhebt, um sie bei weiterer Drehung gegen eine Stahlrippe im Feuergehäuse *b* auf das vorbeigeführte Zündband schlagen zu lassen. Das verbrauchte Stück des Streifens wird durch die scharfe Kante des Flügels sofort abgeschnitten.

Durch ganz besondere Eigenart zeichnet sich die in jüngster Zeit zur Einführung gelangende Funkenzündung mittels Cereisen aus (Fig. 569).

Ein Cereisenstift *a* wird von dem Kopfe *b* eines durch die Feder *c* angedrückten Hebels gehalten und gegen die Zähne eines Stahlrädchens *d* gepreßt. Da Cereisen die Eigenschaft starken Funkens besitzt, wenn es von harten Gegenständen gerieben oder gekratzt wird, so spritzen bei jeder Drehung des Rädchens *d* in der Pfeilrichtung Funken gegen den Docht der Lampe, die diesen mit Leichtigkeit zu entzünden vermögen. Es scheint nicht ausgeschlossen, daß diese in seltenem Maße einfache und anscheinend sehr sichere Zündung alle anderen Zündvorrichtungen verdrängen wird.

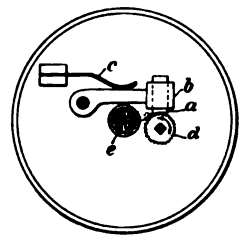


Fig. 569. Funkenzündung mittels Cereisen.

193. — **Magnetverschluß.** Der Magnetverschluß beruht darauf, daß die unter Federdruck stehende Verriegelung der Lampe durch eine starke magnetische Kraft aus der Verschlußstellung gebracht wird. Hierfür hat man einen schweren, großen Hufeisenmagneten nötig. Daß solche Magneten seitens der Bergleute beschafft und mit in die Grube genommen werden, ist nicht zu befürchten.

Die Zahl der Magnetverschlüsse ist nach Erlöschen der ersten Wolfschen Patente außerordentlich groß geworden und dürfte die Zahl der Zündvorrichtungen noch übersteigen.

Der Magnetankerverschluß von Friemann & Wolf ist in der Fig. 570 dargestellt. Ein doppelarmiger, um einen Stift drehbarer Hebel *a*, der in den unteren Gestellring eingebaut ist, greift mit einer klauenartigen Nase *b* in eine Ausfräsung des Topfgewindes ein und verhindert so das Auseinanderschrauben der beiden Teile. Der Hebel steht dabei unter dem Drucke der Feder *c*. Im Gestellringe sind ferner zwei Körper *N* und *S* aus weichem Eisen untergebracht, die, wenn man den Gestellring an einen Hufeisenmagneten anlegt, zum Nord- und Südpol werden. Durch die magnetische Wirkung wird der Kopf des Ankers mit der Nase nach außen und der Schwanz nach innen gezogen, so daß der Verschluß aufgehoben wird. Gegen gewaltsame Eingriffe von außen her ist die Verschlußvorrichtung durch die Deckplatte *d* geschützt.

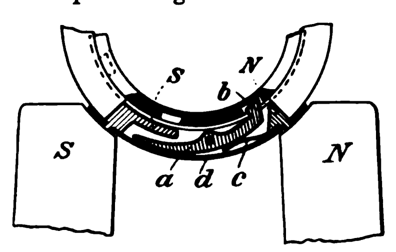


Fig. 570. Magnetankerverschluß von Friemann & Wolf.

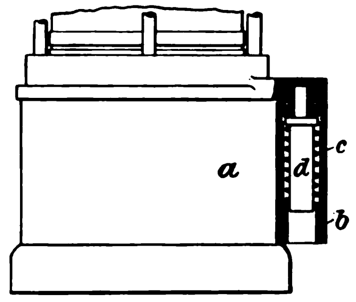


Fig. 571. Magnetstiftverschluß von Seippel.

Bei dem Seippelschen Magnetstiftverschluß (Fig. 571) ist an dem Lampentopf *a* eine Hülse *b* angebracht, in der der von der Spiralfeder *c* emporgedrückte Verschlußstift *d* untergebracht ist. Dieser greift mit seinem

oberen Ende in eine entsprechende Bohrung ein, die sich in einem Vorsprung des Gestellringes befindet. Das untere Ende des Verschlußstiftes schließt nicht mit dem unteren Ende der Hülse ab, sondern tritt um einige Millimeter in diese zurück, so daß der Stift für Öffnungsversuche schwer zugänglich ist.

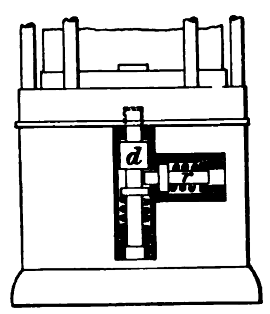


Fig. 572. Magnetstiftverschluß mit magnetischer Verriegelung von Kellermann.

Um den Verschluß noch widerstandsfähiger gegen gewaltsame Öffnungsversuche zu machen, hat Kellermann sogar eine magnetische Verriegelung des Verschlußstiftes selbst angebracht. Es muß also erst auf magnetischem Wege der Riegel *r* zurückgezogen werden, der ein Zurückgehen des eigentlichen Verschlußstiftes *d* verhindert (Fig. 572). Erst dann kann dieser ebenfalls durch Magnetkraft zurückgezogen werden.

194. — Elektromagnetverschlüsse. Neuerdings wendet man mit Vorliebe Elektromagnetverschlüsse an. Die magnetische Kraft, die mit einem Elektromagneten zu erzielen ist, übertrifft um ein Mehrfaches diejenige eines dauernden Magneten, bei dem sie überdies allmählich nachläßt. Bei Verwendung von Elektromagneten kann deshalb die den Verschluß in seiner Stellung haltende Feder sehr viel stärker gewählt werden, womit der Schutz gegen unbefugtes Öffnen wesentlich erhöht wird. Auch die Sicherheit der besprochenen Verschlüsse von Wolf und von Seippel kann bei Vorhandensein von Elektromagneten durch Gebrauch sehr starker

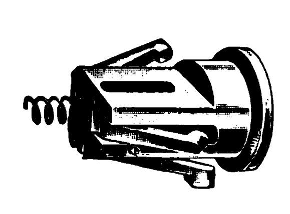


Fig. 573. Ansicht des Debusschen Verschlußbolzens.

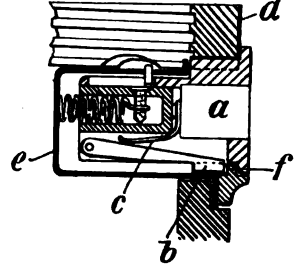


Fig. 574. Elektromagnetverschluß von Debus.

Federn in einer Weise gesteigert werden, daß eine Öffnung durch mechanische Mittel ohne Beschädigung der Lampe fast unmöglich scheint.

Durch seine Eigenart bemerkenswert ist der Elektromagnetverschluß von Debus, dessen Ausführung ebenfalls durch die Firma Friemann & Wolf erfolgt. Ein zylindrischer, teilweise abgeflachter Verschlußbolzen, der in Fig. 573 in Ansicht und in Fig. 574 im Schnitt dargestellt ist, wird in eine im Lampentopfe untergebrachte Messinghülse *e* (Fig. 574) geschoben. Mit einem Teile seiner oberen Wölbung ragt der Bolzen auch in einen entsprechenden Ausschnitt des Gestellringes, so daß eine Drehung beider Teile gegeneinander unmöglich wird. Das Zurück-

ziehen des Bolzens wird in der Verschlußstellung durch d
von Schirmstangen aufklappende Sperrhebel verhindert, die da
eine Feder *c* nach außen gedrückt werden und sich mit
Enden *b* gegen einen Vorsprung *f* stemmen. Der Bolzen bes
einen Eisenkern *a*, der, sobald man ihn an einen
starken Magnetpol bringt, selber magnetisch wird. Alsdann werden die drei Sperrhebel entgegen der Federkraft angezogen, so daß sie sich wie Schirmstangen gegen den Schirmstock legen. In diesem Zustande kann der Verschlußbolzen soweit zurückgezogen werden, daß eine Öffnung der Lampe möglich wird.

Der Debussche Verschluß widersteht zweifellos den Öffnungsversuchen der Bergleute vorzüglich. Sein Nachteil steckt darin, daß er mit drei Sperrhebeln arbeitet. Versagt nur einer durch eindringenden Schmutz und folgt der magnetischen Anziehungskraft nicht mehr, so kann die Lampe nicht geöffnet und der Verschlußbolzen muß ausgebohrt werden.

195. — **Besondere Lampenformen. Lampen mit unterer Luftzuführung.** Bei den bisher besprochenen Lampen war obere Luftzuführung vorausgesetzt. Hierbei tritt die frische Luft nahe über dem Glaszylinder in das Lampeninnere ein, während die verbrauchte Luft durch den oberen Teil des Drahtkorbes und dessen Deckel entweicht. Es ist natürlich, daß die beiden Luftströme sich bis zu einem gewissen Grade behindern und daß ein großer Teil der frischen Luft überhaupt nicht bis an die Flamme gelangen, sondern weichen wird.

Fi
fä

Bei den Lampen mit unterer Luftzuführung hat ma
Leitung der Luft dadurch zu erreichen versucht, daß man den Eintritt der frischen Luft unter den Glaszylinder verlegte, wobei man hier der Schlagwettergefahr wegen den üblichen Drahtnetzschutz anbringen mußte. Dieses Drahtsieb kann als Zylinder eingebaut sein oder kann, um ohne Schwierigkeit eine größere Oberfläche und gleichzeitig besseren Schutz gegen äußere Verschmutzung zu erhalten, wagerecht angeordnet werden. Die Fig. 575 zeigt die alte Westfälische Lampe mit unterer Luftzuführung, bei der der untere Drahtzylinder durch ein gelochtes Blech ersetzt ist; Fig. 576 stellt eine Benzinlampe mit einem horizontalen, unteren Drahtnetzschutz dar.

Fig.
unterer
horizon

Ein zweifelloser Vorzug solcher Lampen ist, daß
leichter brennen und deshalb ein helleres Licht geben. D
sicherheit bleibt, was den Drahtkorb betrifft, unveränder
Schlagwetter auch innerhalb des Glaszylinders am untere

brennen beginnen, hat das Glas unter der Hitze mehr als bei oberer Luftzuführung zu leiden und springt leichter. In der Regel tritt hierbei aber keine Zündung der äußeren Schlagwetter ein, weil das Glas trotzdem zusammenhält.

Als Nachteil der unteren Luftzuführung ist ferner hervorzuheben, daß der Bau der Lampe verwickelter und diese selbst in der Anschaffung und infolge vermehrter Ausbesserungen auch in der Unterhaltung teurer wird. Wenn auch die untere Luftzuführung in letzter Zeit, namentlich mit der steigenden Verwendung doppelter Drahtkörbe wieder mehr Anwendung als früher findet, so hat es nicht den Anschein, daß sie insgesamt der oberen Luftzuführung gleichwertig ist und diese verdrängen wird.

196. — Lampen mit innerem Schornstein haben den Zweck, die sonst durch die untere Luftzuführung erstrebte Trennung der frischen von der verbrauchten Luft auch bei der oberen Luftzuführung sicher zu stellen. Als Beispiel möge in Fig. 577 die Müseler-Lampe dargestellt sein. Der oben und unten offene, zylindrische Blechschornstein *s* ist dazu bestimmt, die verbrauchte Luft von der Flamme nach oben unter den Korbdeckel zu führen, von wo sie nach außen entweicht. Die frische Luft fällt in der Richtung der Pfeile der Flamme zu.

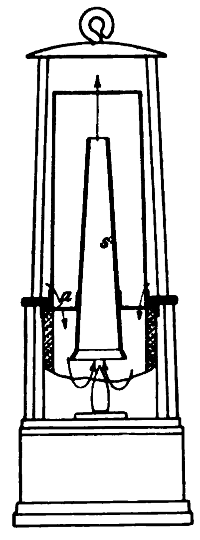


Fig. 577. Müseler-Lampe (mit Schornstein).

Solche Lampen brennen und leuchten bei senkrechter Stellung gut. Wenn aber die Lampe schief gehalten wird, erlischt sie leicht, weil dann eine Störung der regelmäßigen Luftbewegung stattfindet: Die Abgase steigen nämlich seitlich des Schornsteins in die Höhe, die im Schornstein befindlichen, mit Kohlensäure geschwängerten Verbrennungsgase sinken nieder, fallen auf die Flamme und bringen sie fast augenblicklich zum Erlöschen. Dieses leichte Erlöschen der Schornsteinlampen hat bewirkt, daß man trotz ihrer Vorzüge von dauernder Verwendung immer wieder abgekommen ist. Am längsten hat die Müseler-Lampe in Belgien in Gebrauch gestanden. Als sonstige Eigentümlichkeit findet sich an ihr ein horizontales Drahtnetz *a* (Fig. 577), das die Schlagwettersicherheit der Lampe erhöhen soll. Der Nutzen dieses Drahtsiebes ist aber sehr gering, weil die Schlagwetterflamme namentlich in einem aufwärts gerichteten Strome alsbald in den oberen Teil des Drahtkorbes sich fortpflanzt, worauf sich die Lampe in gleicher Weise schlagwettergefährlich wie eine Lampe mit einfachem Drahtkorbe verhält.

197. — Doppelkorblampen. Durch einen doppelten Drahtkorb läßt sich die Schlagwettersicherheit der Lampe wesentlich erhöhen; gleichzeitig leidet aber wegen der Behinderung der Luftzufuhr auch die Leuchtkraft und die Brennfähigkeit. Diesem Übelstande kann man durch eine Vergrößerung der Drahtkorboberfläche abhelfen. Insbesondere soll man bei Doppelkörben dem äußeren Korbe einen so weit

vergrößerten Durchmesser geben, daß der Innenkorb mindestens die bei den einfachen Körben übliche Größe behalten kann.

Über die zweckmäßigsten Abmessungen des Doppelkorbes sind auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke bei Gelsenkirchen sehr eingehende Versuche vorgenommen worden. Leuchtkraft und Schlagwettersicherheit der Lampen stellen sich am günstigsten, wenn die Seitenwände der beiden Korbmäntel annähernd parallel in einem Abstande von etwa 7—11 mm voneinander verlaufen, während der Deckelabstand nur etwa 3—5 mm betragen soll (Fig. 578).

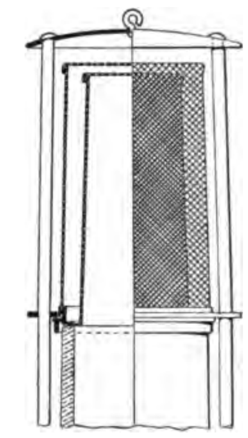


Fig. 578. Doppelkorb mit zweckmäßigem Größenverhältnis.

198. — Mantellampen. Damit der Wetterstrom nicht unmittelbar gegen den Drahtkorb bläst und eine etwa darin entstandene Schlagwetterflamme durch das Drahtnetz treibt, umgibt man die Körbe mit Blechmänteln (Mantellampen). Der Mantel kann entweder geschlossen sein und nur zwecks Durchtritts der Luft oben und unten Öffnungen, Schlitze oder Bohrungen freilassen (Marsaut-Lampe, Fig. 579), oder der Mantel ist auf seiner ganzen Höhe mit Schlitzen versehen. Bei dem Schlitzmantel von Friemann & Wolf (Fig. 580) erleidet der Luftstrom eine mehr-

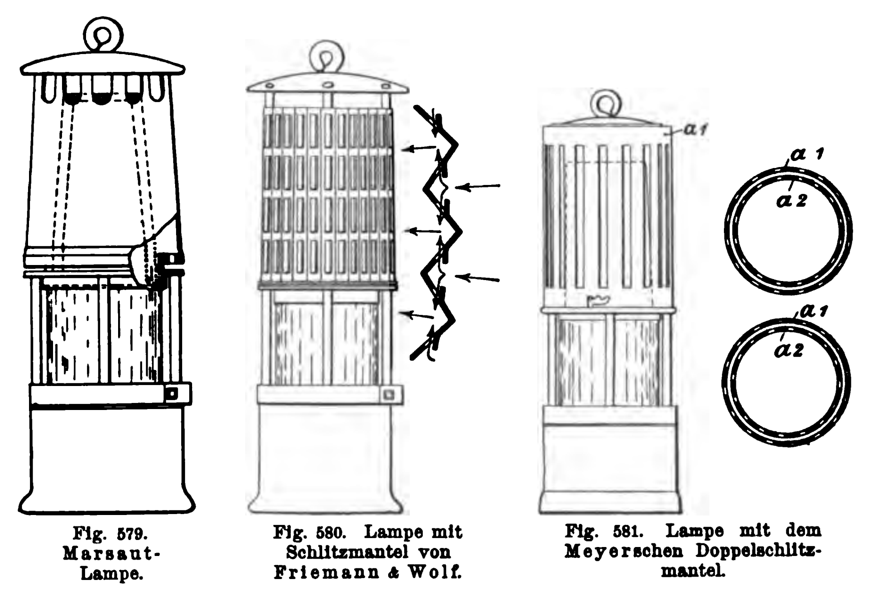


Fig. 579. Marsaut-Lampe.

Fig. 580. Lampe mit Schlitzmantel von Friemann & Wolf.

Fig. 581. Lampe mit dem Meyerschen Doppelschlitzmantel.

malige Richtungsänderung, ehe er den Drahtkorb erreicht. Dadurch wird die Geschwindigkeit, mit der er auf den Drahtkorb stößt, stark vermindert. Bei dem Meyerschen Doppelschlitzmantel (Fig. 581) sind

2 gegeneinander drehbare Mäntel mit Längsschlitzen vorhanden, die so gestellt werden können, daß die Schlitze zwecks Beobachtung der Schlagwetterflamme einen Durchblick durch den Drahtkorb freilassen. Für gewöhnlich befinden sich die Schlitze zum besseren Schutze des Korbes in versetzter Lage.

Der Mantel macht die Lampe schwerer und behindert die Lichtwirkung nach oben. Ein Vorzug der Mantellampen liegt, abgesehen von der höheren Schlagwettersicherheit, darin, daß sie in lebhaftem Wetterzuge weniger leicht erlöschen.

199. — Schlagwettersicherheit der Sicherheitslampen. Was die Schlagwettersicherheit der Lampen gegen Durchblasen der Flamme angeht, so muß man sich erinnern, daß bei dem explosionsgefährlichen Grubengasgehalte von 5—14 $^0/_0$ die eigentliche Lampenflamme erlischt, daß aber bei dauerndem Zufluß von Schlagwettern diese in der Lampe fortbrennen und den Drahtkorb zum Erglühen bringen. Die Glühwirkung äußert sich namentlich auf der Abströmungsseite und kann soweit gehen, daß Messingdrahtgewebe, unter Umständen sogar Eisendrahtgewebe schmelzen.

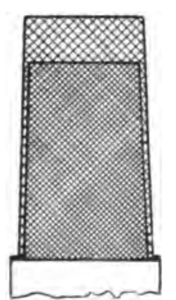


Fig. 582. Doppelkorb mit unzweckmäßigem Größenverhältnis.

Lampen mit einfachem Drahtkorbe sind bei Stromgeschwindigkeiten bis zu 3—4 m sicher. Lampen mit zweckmäßig gewählten Doppelkörben (siehe Ziff. 197) schlagen erst bei etwa 10—12 m Wettergeschwindigkeit durch. Sind die Abmessungen der Körbe unzweckmäßig und ist insbesondere der Seitenabstand zu gering und der Deckelabstand zu groß, so kann die Sicherheit schon bei 6 m Wettergeschwindigkeit aufhören. Eine solche ungünstige Korbform ist z. B. in Fig. 582 dargestellt.

Mantellampen sind selbst bei den höchsten, in der Versuchslutte zur Anwendung gebrachten Geschwindigkeiten von 14 bis 15 m noch sicher.

Man darf die Bedeutung einer Schlagwettersicherheit bis 3—4 m Wettergeschwindigkeit in keinem Falle überschätzen. Solche Geschwindigkeiten der Lampe gegenüber den Wettern können schon durch unvorsichtige Bewegungen beim Abprobieren oder durch Fall der Lampe leicht erreicht oder überschritten werden. Wenn nun z. B. gar das Hangende sich plötzlich auf den alten Mann setzt, so können aus diesem die Schlagwetter mit viel größeren Geschwindigkeiten herausgedrückt werden und über die ruhig hängende Lampe streichen.

Überdies werden sich in der Grube die Lampen noch etwas gefährlicher als in der Versuchslutte verhalten, weil die Gase unter höherem Drucke stehen, dichter sind und daher eine größere Wärmemenge beim Verbrennen innerhalb des Drahtkorbes erzeugen als bei den Versuchen über Tage, wo aus praktischen Gründen stets mit einem Unterdrucke gearbeitet wird.

Sehr eingehend ist ferner die Frage nach der durch den Gebrauch der inneren Zündvorrichtung etwa bedingten Schlagwettergefahr der Lampen untersucht worden. Wird eine erloschene Lampe, deren Korb mit Schlag-

wettern erfüllt ist, mittels der Zündvorrichtung entzündet, so entflammen selbstverständlich die Schlagwetter innerhalb der Lampe, und es besteht die Gefahr, daß die Explosion nach außen hin durchschlägt. In dieser Beziehung verhält sich nun die Phosphorbandzündung auch bei einfachem Drahtkorbe völlig gefahrlos. Selbst wenn der Zündstreifen unverbrannt hoch in den Lampenkorb geschoben ist und nachträglich entzündet wird, gibt die Flamme zu keinen Durchschlägen Veranlassung. Die Explosionspillenzündung dagegen ist nicht in gleicher Weise ungefährlich, sondern es treten bei Lampen mit einfachem Drahtkorbe verhältnismäßig häufig Durchschläge, d. h. Zündungen der äußeren Schlagwetter, ein. Die Fortpflanzung der Explosion nach außen geschieht freilich nicht durch die Schlagwetterflamme selbst. Vielmehr werden kleine Stückchen der Explosionspillenmasse in brennendem Zustande fortgeschleudert. Treffen sie nun zufällig auf eine Masche, so können sie noch glühend hindurchfliegen und die Schlagwetter außerhalb des Korbes entzünden. Bei doppeltem Drahtkorbe ist es bisher nicht gelungen, künstlich in der Versuchslutte Durchschläge nach außen zu erhalten. Jedoch sollen im Ostrauer Kohlenrevier[1]) tatsächlich aus diesem Anlaß auch bei Doppelkörben Explosionen vorgekommen sein.

Die Verwendung der Explosionspillenzündstreifen birgt noch eine weitere Gefahr. Bei mehrmaligem Zünden der Lampe in schlagwetterfreier Luft fliegen kleine Stückchen der Explosionsmasse unexplodiert fort und setzen sich unter Umständen in den Maschen des Drahtnetzes fest. Hier bringen sie nun zwar zunächst keinen Schaden. Wenn man mit solcher Lampe aber später Schlagwetter ableuchtet und der Korb sich mit der Flamme erfüllt, dann werden diese im Gewebe des Drahtnetzes sitzenden Teilchen der Explosionsmasse entzündet, brennen vielleicht nach außen hin durch und entflammen die Schlagwetter. So können beim vorsichtigsten Ableuchten und bei tadellosem Zustande der Lampen Schlagwetterexplosionen entstehen. Von französischer Seite wird behauptet, daß unter solchen Umständen auch Doppelkörbe nicht einmal sicher sind. Bei heftig wirkender Explosionsmasse und bei ungeeigneter Anbringung der Zündung, die ein kräftiges Fortschleudern der Pillenteilchen in den Lampenkorb zuläßt, erscheint jedenfalls die Gefahr nicht völlig ausgeschlossen. Auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke zu Gelsenkirchen hat man freilich bei Doppelkörben bisher keine äußeren Zündungen der Schlagwetter auf die angedeutete Weise erreichen können.

Die Phosphorbandzündung ist sonach der Explosionspillenzündung an Schlagwettersicherheit erheblich überlegen, so daß, obwohl Herstellung und Handhabung des für diese Art Zündstreifen gebrauchten gelben Phosphors sehr gesundheitsschädlich sind, ihre Beibehaltung einstweilen erwünscht erscheint. Als Nachteil der Phosphorbandzündung bleibt noch zu erwähnen, daß das Lampenglas mehr als bei der Explosionspillenzündung beschlägt.

200. — Azetylen-Sicherheitslampen. (Siehe S. 569 ff., Ziff. 185 und 186). Die Azetylen-Sicherheitslampen sind zwar bisher als eigentliche Mann-

[1]) Jičinský, Katechismus der Grubenwetterführung, Aufl. IV, S. 32, letzter Absatz; ferner Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hütt.-Wes. 1895, S. 138, und 1900, S. 110.

schaftslampen nicht zur Verwendung gelangt; für gewisse Zwecke aber, namentlich für Arbeiten im Schachte und für Füllortbeleuchtung, haben sie sich bereits in erheblichem Maße eingebürgert, so daß sie an dieser Stelle mit besprochen werden müssen.

Azetylen-Sicherheitslampen werden unter anderen von Friemann & Wolf zu Zwickau, Koch in Linden und Seippel zu Bochum geliefert. Fig. 583 zeigt die Seippelsche Lampe, die im allgemeinen der auf S. 570 bereits beschriebenen Seippelschen offenen Lampe entspricht, so daß darauf verwiesen werden kann. Jedoch ist in der oben gegebenen Beschreibung der Buchstabe C der Fig. 560 durch M in der Fig. 583 und ebenso Buchstabe F durch C zu ersetzen. Ergänzend ist noch hervorzuheben, daß die Sicherheitslampe mit einem Gestell und darin untergebrachtem Glas, doppeltem Drahtkorb und Magnetverschluß versehen und der Brenner unter Fortfall des Reflektors in das Lampeninnere verlegt ist. Auch eine innere Zündvorrichtung befindet sich an der Lampe über dem Topfe.

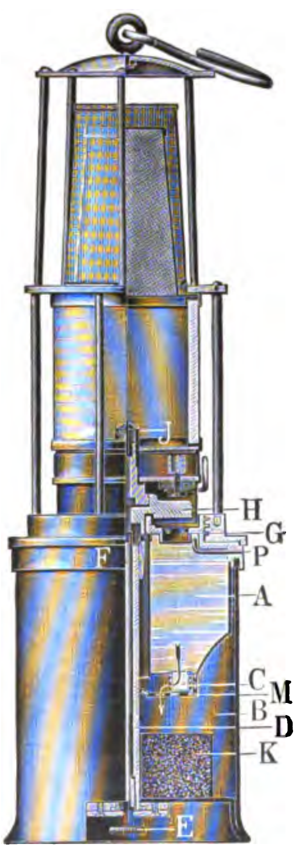


Fig. 583. Azetylensicherheitslampe von Seippel.

Durch Kleinstellen der Flamme ist das Ableuchten auf Schlagwetter möglich, und man kann bereits 1 % CH_4 in der Luft erkennen. Die Schlagwettersicherheit entspricht derjenigen der Benzinsicherheitslampen. Die Lichtstärke beträgt 6 NK, übertrifft also diejenige der Benzinsicherheitslampe um das 7—8 fache. Die Brenndauer beträgt 9—10 Stunden, die Karbidkosten sind 7—8 Pf. je Schicht.

Die Lampe ist 32 cm hoch und wiegt frisch gefüllt 2,12 kg, während eine gewöhnliche Benzinsicherheitslampe nur 26 cm hoch ist und etwa 1,25 kg wiegt. Größe und Gewicht stehen einstweilen der allgemeinen Verwendung der Azetylen-Sicherheitslampe noch entgegen. Wo es aber auf größeren Lichtbedarf ankommt, haben sie sich durchaus bewährt. Bei Arbeiten im und am Schachte macht sich auch die geringe Empfindlichkeit der Lampen gegen starken Wetterzug angenehm bemerkbar. Ob bei einer Massenverwendung die Betriebssicherheit nicht durch gelegentliche Verstopfungen der feinen Bohrung für den Wasserausfluß leiden wird, ist freilich noch eine offene Frage.

Sachregister.

